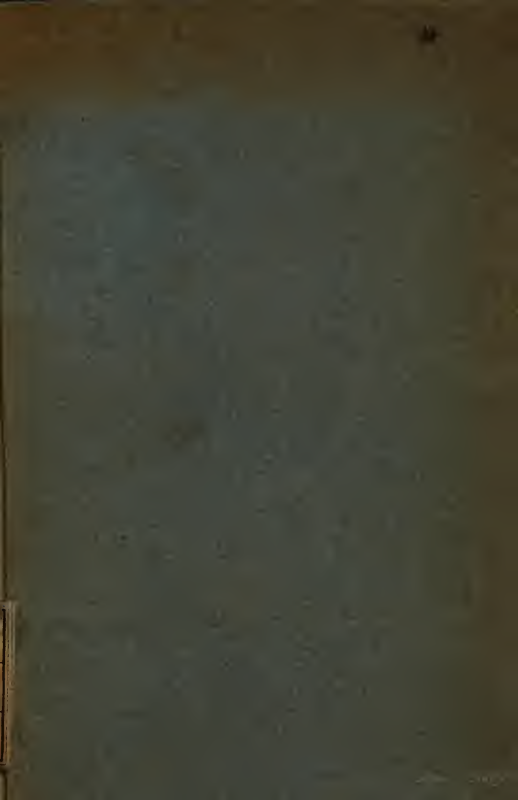




Pour Mr. de
Fontana
très humblement
de la part de
l'auteur

TRAITÉ
DE
L'ÉLASTICITÉ DE L'EAU
ET
D'AUTRES FLUIDES,

dans lequel on a raſſemblé toutes les expériences faites juſqu'à préſent dans cette recherche. Avec la deſcription d'une nouvelle machine pour prouver la compreſſion des fluides, & des expériences auxquelles elle a ſervi.

Par E. A. G. ZIMMERMANN

Profeſſeur de Mathématiques, de Phyſique & d'Hiſt. naturelle au Collège Carolin de Brunsvic; de l'Académie des Sciences de Goettingue & de la Société des Curieux de la Nature de Berlin.



A AMSTERDAM,

Chez MARC-MICHEL REY.

MDCCLXXX.

A

MONSIEUR LE PRÉSIDENT

ET A

MESSIEURS

LES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES.

MESSIEURS,

L'AVANCEMENT & la protection des Sciences ayant été de tout tems, le noble & sublime but de *Votre Royale Société*, j'ose me flatter, quoique Etranger, qu'elle fera un accueil favorable à une découverte, qui paroît nous avoir avancés d'un pas dans les secrets de la Nature. Cette célèbre question, *l'eau est-elle élastique?* a donné occasion non-seulement aux expériences des Académiciens de Florence, mais aussi à celles de M. *Canton*, dont les résultats étoient, en quelque façon, opposés

à ceux des premières. M. *Canton* eut le bonheur d'obtenir vos ſuffrages. Daignez, MESSIEURS, les accorder à un inconnu dont les expériences ſemblent indiquer clairement qu'il a approché de fort près de la ſolution de ce problême.

C'EST avec les ſentimens du plus profond reſpect, que j'ai l'honneur d'être,

MESSIEURS,

Votre très-humble & très-obéiſſant Serviteur

EBERH. AUG. GUILL. ZIMMERMANN.

Brunsvic, ce 12 *Décembre* 1779.

PRÉFACE.

On a cru que les relations des essais que l'on a faits jusqu'ici pour comprimer l'eau méritoient d'être publiées, quoique la plupart de ces essais n'aient point réussi. J'annonce des expériences qui paroissent avoir mieux répondu à cet objet; j'ai donc lieu d'espérer qu'on daignera leur donner quelque attention. La machine de M. *Abich*, dont je donne ici la description, a du moins le mérite d'être simple, de marquer avec précision les forces qu'on a mises en œuvre, &, ce qui est plus important, de paroître opérer une compression réelle. Il peut se faire qu'il reste quelque doute à résoudre dans les expériences qu'on a faites avec cette machine, ou plutôt dans les conclusions qu'on en doit tirer; mais il me semble évident qu'elle a, au moins, produit des effets plus marqués qu'aucune de celles dont on s'est servi pour le même but. Pour qu'on en puisse juger avec une pleine connoissance de cause, j'ai recueilli toutes les relations des expériences faites dans les mêmes vues.

C'est le recueil de ces expériences qui a donné lieu à la premiere partie de cet ouvrage, c'est-à-dire à l'histoire des recherches sur la compressibilité de l'eau. J'ai, autant que ma situation bornée me l'a permis, rapporté dans un ordre chronologique tout ce qui a rapport à cet objet. Il est toute-

fois possible qu'il y ait d'autres relations concernant cette matiere, qui ne soient point parvenues à ma connoissance; à quoi je dois ajouter que j'en ai reçu de si insuffisantes que je n'ai pas cru pouvoir les insérer nulle part. Par exemple, on m'a dit qu'entre les années 1740 à 1750 ou 1756, une Académie Portugaise avoit fait à Lisbonne, & même avec succès, des recherches sur la compressibilité de l'eau. J'ai fait tout mon possible pour en avoir des notions plus positives; je n'ai jamais pu y parvenir.

Je n'ai pas mieux réussi à me procurer une notice bien constatée que l'on se soit servi de boules d'or pour comprimer l'eau. Feu M. le Prof. *Krüger* (1) & avant lui le Prof. *Teichmeier*, (2) disent que Boyle & l'*Académie de Florence* ont fait usage de boules d'*or* & d'argent dans leurs expériences; mais on voit par les propres paroles des Florentins & de Boyle rapportées dans ce livre, qu'il n'est nullement question de boules d'or. Bien loin de-là, les Florentins exposent les raisons qui leur ont fait préférer l'argent à l'or. Il peut se faire que *Krüger* ait copié *Teichmeier*, sans qu'ils eussent lu ni l'un ni l'autre les expériences des Florentins; la chose est même vraisemblable; sans ce-

(1) Physique de *Krüger* à Hal'e 1744. T. 1. p. 449. *Krüger* parle ensuite du tuyau de Hamberger.

(2) *Teichmeyeri* Elementa Philosop. natur. expérimental. Jenæ 1717. p. 240.

la ils n'auroient pas avancé une erreur aussi manifeste. Je crois de même que Boerhaave a dit après Stair, que Duhamel parle de boules d'or, quoique, dans les endroits cités de Duhamel, il ne soit nullement parlé d'or. Et voilà comment une erreur se propage de façon qu'il n'est presque plus possible d'en indiquer l'auteur. Il pourroit se faire que Duhamel eût parlé de boules d'or dans quelque endroit différent des passages cités; mais j'ai d'autant plus de sujet d'en douter que j'ai lu avec beaucoup d'attention tous les ouvrages de cet Auteur, où il eût été convenable d'insérer ces expériences. Peut-être aussi existe-t-il des mémoires plus modernes sur cette matière, qui ne me sont point parvenus; peut-être les physiques de MM. *Scarella* (3) & de *Turre* (4) contiennent-elles des expériences plus nouvelles; j'ai néanmoins peine à le croire; car, si elles eussent été décisives pour ou contre l'élasticité des fluides, on les auroit annoncées dans quelque journal.

Je suis très-mortifié de n'avoir pas été en état de donner une explication bien précise du Mémoire du célèbre Abbé Fontana, que je cite à la page 80. Je lui ai écrit sur ce sujet; mais je n'en ai

(3) Scarella Physica generalis, methodo mathematica tractata. Brixiæ 1756. 4°.

(4) De Turre Elementa physicæ, complectens physicam generalem. Neap. 1767.

pas eu de réponſe: je me garderai cependant bien de me plaindre du ſilence de ce ſavant qui fait ſon ſéjour, il y a déjà quelque tems en Angleterre; la ſeule choſe que je me permettrai, c'eſt de le prier, au nom de tous les phyſiciens, de communiquer au plutôt ſes précieuſes découvertes en phyſique.

Lors même que la partie hiſtorique de ce traité ſeroit défectueuſe, je ne la croirois pas pour cela ſans utilité. Si l'on travaille un jour à l'hiſtoire générale de la Phyſique (& l'excellent Prieſtley n'a que trop tôt ceſſé de le faire) du moins trouvera-t-on ici raſſemblés les faits les plus importans pour cette partie de la Phyſique. Les abrégés de Phyſique, les plus grandes Phyſiques même, telles que celles de *'s Graveſande*, *Muſchenbroek*, *Martins*, *Sauri*, *Wolf*, *Eberhard*, *Erxleben* ne parlent point du tout, ou très-ſuperficiellement, de ces expériences; de ſorte que j'oſe me flatter de n'avoir pas fait un ouvrage ſuperflu en raſſemblant ici ces mémoires qui pourront être utiles aux Phyſiciens, ou du moins aux amateurs de Phyſique, qui ne ſont pas à même de conſulter de grandes bibliothèques, ni de s'en procurer.

Je penſe auſſi avoir été impartial dans les jugemens que j'ai portés ſur ces expériences, & l'on aura lieu de s'en convaincre en voyant que j'ai ſoumis les miennes à autant de doutes que celles qui les ont précédées. On peut conclure de ce que

j'ai dit de la friction du tenon dans le levier dont je me suis servi pour ces expériences, & de la possibilité d'une petite erreur relativement au mesurage de la compression du fluide, que, si on répétoit ces expériences avec un appareil plus exact, il ne seroit pas impossible que les résultats de nos expériences ne se trouvassent différer quelque peu de ceux des expériences ultérieures, mais la différence seroit si peu considérable, qu'elle ne mériteroit aucune attention, & la compression des fluides n'en seroit pas moins bien constatée.

M. *Abich* & moi eûmes l'honneur de présenter l'été dernier à la plus grande partie des membres de la Société des Sciences de Goettingue, la machine dont est inventeur M. *Abich* & l'expérience de la compression opérée à l'aide de la vis de cette machine. De tous les doutes instructifs proposés dans cette occasion, le plus important me parut celui qui supposoit la possibilité de l'expansion du cylindre. J'ai essayé d'y répondre avec autant de précision que la nature de la question le permet.

Il seroit à souhaiter que l'instrument de M. *Abich* ne fût pas de métal, mais de quelque autre matiere, parce qu'avec une pareille machine il n'est guère possible de tenter la compression du mercure; car, en supposant que le mercure qu'on verseroit dans un cylindre de laiton, ne le perçât pas dès la premiere

expérience, il eſt pourtant conſtant qu'en s'y arrêtant il y feroit des foſſes ou creux conſidérables, qui pourroient mettre en peu de tems la machine hors d'état de ſervir à des expériences ultérieures.

La premiere idée de la machine dont je donne la deſcription ayant beaucoup de rapport avec l'idée qu'eut Duhamel de faire entrer un piſton dans un tuyau rempli d'eau (ce qui n'eut pas lieu) pourroit faire ſoupçonner que Duhamel a mis M. *Abich* ſur la voie, & que celui-ci n'a fait que perfectionner ce que celui-là avoit imaginé. Mais je dois à la juſtice & à la vérité de dire que M. *Abich* ne doit qu'à lui-même l'idée de ſon inſtrument. Il ignoroit juſqu'au nom même de Duhamel Dans le cours de ſes années académiques, il s'eſt ſurtout appliqué aux connoiſſances pratiques; il n'a, d'ailleurs, jamais été ſavant de profeſſion, mais toujours ce qu'il eſt encore actuellement, un homme d'affaire très-habile & très actif, qui, ſans ceſſe & en même tems, a cultivé ſon talent & ſon goût pour la méchanique; (5) de ſorte qu'il n'eſt du tout point ſurprenant qu'il n'ait eu aucune connoiſſance des phyſiciens antérieurs, & ſurtout des ouvrages ſpéculatifs de Du-

(5) M. *Abich* a inventé diverſes machines remarquables. Deux entr'autres méritent avec juſtice l'attention des méchaniciens; ſavoir celle qui ſert à tailler les limes (les Anglois n'en ont pas de meilleures) & celle qui, ſeule, fait le principal ouvrage de la monnoie.

hamel. Je puis affirmer que, quand je lui parlai de l'idée de ce savant, il ne connoissoit son nom que par celui du célèbre du Hamel du Monceau qui vit actuellement. Si l'on excepte les expériences des Florentins, il ignoroit presque tout ce qui avoit été écrit sur la compressibilité de l'eau. Les expériences mêmes de Canton lui étoient inconnues.

Le tuyau de *Hamberger*, la boule de verre de *Herbert* & le Cylindre d'*Abich*, ces trois machines si simples, & conséquemment si propres à examiner l'élasticité des fluides, ont des Allemands pour inventeurs. Je ne prétens pas que ces machines soient comptées parmi les inventions les plus importantes; mais je me crois bien fondé à faire observer ici qu'il n'y a aucune nation qui ait fait d'aussi grands progrés dans cette partie de la physique que la nation Allemande. J'avoue que mon patriotisme se réveille agréablement quand je me rappelle le grand nombre d'inventions illustres des Allemands, dont l'énumération doit étonner tout homme impartial.

L'imprimerie, les estampes en noir, la gravure, la peinture en pastel, la poudre à canon, les montres de poche, la porcelaine Européenne, les bâtimens de graduation pour le sel, ces belles inventions n'appartiennent-elles pas à *Guttenberg*, *de Mechlen*, *Thiele*, *de Siegen*, *Schwarz*, *Heele*, *Botticher* & *Meth?* Ensuite, *Albert Durer*, *Spekle*, *Prætorius*, *Brandt*, *Kircker*, *Lieberkuhn*, *Sturm*,

Guericke, *Wilke*, (6) *Fahrenheit*, *Kleiſt* & *Hartman*, n'ont-ils pas inventé ou du moins perfectionné, la fortification, le calibre, la planchette, le phoſphore, le polémoſcope, l'hélioſcope, le microſcope ſolaire, la phyſique expérimentale, le tube acouſtique, la pompe pneumatique, l'arquebuſe à vent, le manomètre, l'électricité, l'électrophore, le thermomètre à mercure, la commotion électrique & la déclinaiſon magnétique. Enfin, *Copernic* a déterminé le vrai ſyſtême du monde. *Byrg* inventa les logarithmes (7). *Doerfel* découvrit l'orbite

(6) Qu'on liſe le mémoire de M. *Wilke*, Allemand vivant actuellement en Suede, ſur l'électricité poſitive & négative, & l'on ſera convaincu que l'honneur de l'invention de l'électrophore lui appartient auſſi bien qu'à M. Volta. Ce mémoire ſe trouve parmi ceux de l'Académie royale de Suede, année 1762, p. 213 & ſuiv. M. de Volta n'a fait que mettre un gâteau de cire d'Eſpagne, ou de reſine, où M. *Wilke* avoit fait uſage du verre. C'eſt néanmoins M. Volta qui a donné à l'inſtrument le nom d'*Electrophore*. Je crois d'ailleurs volontiers qu'il en eſt l'inventeur, c'eſt à dire qu'il n'a point eu connoiſſance du mémoire de M. le Prof. *Wilke*.

(7) *Kepler* dit non-ſeulement dans ſes Tab. Rudolp. præcept. Cap. 3. que *Byrg* a inventé les logarithmes, mais encore de quelle méthode il s'eſt ſervi pour y parvenir. M. *Montucla* eſt donc injuſte envers *Byrg* en lui en conteſtant l'invention, dans ſon hiſt. des mathematiq. T. 1. p. 471; & contre *Kepler*, quand il croit que celui-ci n'attribue cette invention à *Byrg* que par ſentiment patriotique. Hiſt. des mathem. t. 2. p. 10 & 11. Ce n'eſt pas la ſeule occaſion où M.

parabolique des comètes (8) *Hevel*, la libration. *Purbach* & le grand *Muller*, surnommé *Régiomontan*, (9) rétablirent l'astronomie, & Walther appliqua la réfraction à cette science. *Simon Mayer* (10) découvrit les Satellites de Jupiter avant Galilée, & *Tobie Mayer* força la lune de se soumettre à son calcul... *Kepler* !.... qu'au nom de cet homme étonnant tout Allemand mêle à l'enthousiasme de l'admiration des sentimens profonds de honte. *Kepler*, qui le premier fixa les orbites des planètes & leurs loix! *Kepler*, à qui l'on doit la vraie théorie de la vue (11) & les tubes astronomiques; l'attraction (12), la gravitation des corps celestes! *Kepler*,

de *Montucla* soit injuste contre les Allemands. On en trouve d'autres preuves dans cette même Hist. des Math. t. 1. pp. 409, 470 & 471.

(8) *Doerfel* a été ministre protestant à Plauen en saxe. On a de lui des réflexions sur la grande Comète qui parut en 1680. Cet ouvrage fut publié en 1681

(9) *Regiomontan* a été sans contredit un des plus grands astronomes. Dès 1460 — 1470 il parut fort porté à admettre le soleil comme le centre du systême du monde. Il perfectionna beaucoup la Trigonométrie, & y joignit les fractions décimales & les tangentes. Voy. Doppelmaïer von den Numbergs Mathémat.

(10) *Simon Mayer* apperçut les satellites de Jupiter quelques mois avant *Galilée*. Voilà comme, quelquefois, il y a fort peu de distance entre les découvertes.

(11) *Descartes* l'appeloit son maître.

(12) Voy. Epitome astronom. Copernic. Francfort, 1635. in introduct.

qui determina la vraie cauſe du flux & reflux de la mer (13)! *Kepler*, enfin, auteur d'une partie du calcul infinitéſimal (14).... mourut dans l'indigence! Mais *Kepler* prend les planètes & notre globe même pour des animaux vivans! Mais Newton commente auſſi l'Apocalypſe! Hé! que réſulte t-il de là? ſi ce n'eſt que les grands hommes ne ſont pas infaillibles. Ces foibleſſes font pardonner leur ſupériorité au reſte des hommes, qui ſans cela ſeroient trop humiliés.

Je ne parle pas ici de découvertes qui ne concernent que la mode ou quelque correction légère d'inſtrumens déjà inventés. Non, la plupart ſuppoſent dans leurs auteurs des talens ſupérieurs, éminens. Elles ſont d'une ſi grande importance, que, ſans elles, la ſociété ne ſeroit pas à beaucoup près ce qu'elle eſt actuellement

Il eſt vrai que nous n'annonçons point nos découvertes avec le ton emphatique trop ordinaire peut-

(13) Epitome Aſtron. Copern. Lib. 5. §. 1 *Kepler* en publia les trois premiers livres dès 1618 à Lintz.

(14) Nova Stereometria doliorum, Lincii, 1615, & en Allemand 1618. C'eſt dans cet ouvrage que *Kepler* expoſe ſon idée de l'infini dans les Mathématiques, & poſe le fondement de la doctrine de *maximis & minimis*, devenue depuis ſi importante. Je ſuis charmé que le célèbre Bailly rende juſtice au grand *Kepler* dans ſon excellente hiſtoire de l'aſtronomie moderne.

peut-être aux François. Nous n'avons point encore d'*honneurs de l'Allemagne*, point d'*Allemagne illustre*. Le tombeau d'un acteur célèbre n'est point encore placé chez nous à côté de celui de nos Rois. Il peut se faire qu'à cet égard nous soyons répréhensibles. En Allemagne, le grand homme se cache; il a peine quelquefois à se déterminer à publier ses découvertes (15). En effet, nous encourageons moins le talent que l'Angleterre & la France; &, tandis que le poële de Newton est porté par les premiers Seigneurs de la Grande Bretagne, les Nobles d'Allemagne ont honte de suivre le convoi de Leibnitz. Ce grand homme & Kepler reposent sous des tombes ordinaires. Cela est injuste sans doute, & doit humilier notre nation: mais que cette même nation à qui la société est redevable de tant de précieuses découvertes, de tant d'inventions utiles & commodes, & qui contribuent si essentiellement au bien-être général, qu'une nation, dis-je, qui a produit une multitude de savans de la premiere classe, soit, malgré tous ces avantages, traitée de stupide par quelques beaux esprits étrangers, c'est non-seulement un procédé contraire à la décence & à l'honnêteté, mais c'est une absurdité & une déraison. „ The greatest in-

(15) Kepler fut obligé d'engager plusieurs fois Byrg à publier ses logarithmes & son compas de proportion.

**

„ ventions, dit Swift, (16) were produced in te
„ time of ignorance, as the uſe of the compass,
„ gunpowder and printing, and by the *dulleſt* na-
„ tions as te Germans". *Voltaire*, après avoir été accueilli en Allemagne avec diſtinction, a été aſſez ingrat pour parler des Allemands avec auſſi peu de ménagement que Swift. Je ne citerai pas dans laquelle de ſes innombrables productions ſe trouvent ſes injurieux ſarcaſmes contre notre nation; je ne m'en ſouviens pas.

Il feroit très-facile de récriminer & de rendre inſulte pour inſulte. Ce n'eſt aſſurément pas par reſpect pour Swft & Voltaire que je ne le fais pas. Ce qui me retient, c'eſt que je craindrois de m'avilir en me ſervant des mêmes armes; c'eſt que quand on a de ſon côté la bonne cauſe, on n'a pas beſoin de recourir aux injures. Une ſimple réflexion ſuffit pour montrer combien ces imputations ſont injuſtes & hazardées.

On conçoit aiſément que plus le ſiècle (17) eſt ignorant & barbare, plus il y a à inventer, & plus les inventions à faire ſont importantes. On conçoit auſſi, que plus on a acquis d'habileté dans un art ou une ſcience quelconque, plus il eſt facile d'y ajouter quelque choſe, mais non d'y faire des décou-

(16) Thoughts on ſeveral ſubjects. Works of Swift. vol. 3. London 1776. p. 274.

(17) Ou plutôt le monde en général.

vertes auſſi conſidérables & auſſi brillantes. Ceci eſt & doit-être en général plus difficile; car, comme chaque invention ſuppoſe une nouvelle combinaiſon d'idées ou de choſes, chaque découverte faite laiſſe moins de combinaiſons à faire, de ſorte que les ſiècles d'ignorance donnent généralement plus de poſſibilité d'inventer que ceux qui ſont plus cultivés. Examinons juſqu'à quel point le hazard peut donner lieu à des découvertes en général, & quelles ſont celles qu'il peut occaſionner. Les inventions ont pour objet, les unes le néceſſaire, ſoit pour l'entretien, ſoit pour la défenſe de l'homme; d'autres les commodités, le luxe; d'autres enfin les ſciences ſpéculatives.

Il eſt évident que le hazard peut plutôt donner occaſion aux deux premieres ſortes d'inventions qu'à la troiſiéme; car l'invention du calcul différentiel ſuppoſe déjà dans Leibnitz & Newton de profondes connoiſſances mathématiques; au lieu qu'un incendie ſuffit pour apprendre la fonte des métaux. C'eſt ainſi, ſelon Pline, que la découverte de l'aimant, le verre, la grêfe en écuſſon, ſont dues au hazard. (18) Mais l'on ſent qu'on doit mettre une différen-

(18) En général Pline paroît fort favorable au hazard: *Hic ergo caſus, hic eſt ille qui plurima in vita invenit Deus.* Hiſt. natur. lib. 27. c. 3. Et encore lib. 17. c. 14. Je dois pourtant avouer que je ne ſuis nullement convaincu des cauſes qu'il ſuppoſe à beaucoup d'inventions. Il prétend, par

ce bien grande entre une découverte produite en quelque façon par un événement fortuit, & une découverte qui est le fruit d'une profonde méditation & d'une étude opiniâtre. Le hazard offrit probablement à deux nations de même ancienneté, & à peu près le même nombre de fois, dans un long intervalle de tems, l'occasion de faire la découverte du feu. Un caillou jeté contre un autre en fait jaillir des étincelles; un coup de foudre embrase un arbre. Ces événemens ont été répétés plusieurs fois, dans une longue suite d'années, chez toutes la nations: cependant les habitans des Isles Mariannes ne connoissoient pas encore le feu quand ces Isles furent découvertes par les Européens. Seroit-ce la faute du hazard? C'est ce qu'on ne peut raisonnablement supposer dans un pays où les orages sont très fréquens, & dont les Isles voisines ont des volcans. Si c'est le hazard qui fit connoître le feu aux autres nations, ne craignons pas de dire que c'est par stupidité, paresse, ou légèreté d'esprit, que les habitans des Isles Mariannes ne l'avoient pas

exemple, que l'aimant a été découvert par un berger, qui par hazard ayant posé sa houlette sur une pierre d'aimant, eut peine à l'en détacher. Hist. nat. lib. 36. c. 16. L'invraisemblance de ce fait saute aux yeux, dès que l'on fait attention que la pierre étoit encore brute & non armée, & que par conséqnent la houlette ne pouvoit être retenue avec une force capable d'attirer l'attention d'un berger nullement instruit de la chose.

connu; on peut à cet égard les comparer à ces espèces de Singes qui se chauffant au feu que des Nègres ont abandonné, n'ont pas soin de l'entretenir, quoiqu'il ne faille pour cela qu'y mettre du bois qu'ils ont sous la main. Il est clair que tout cela vient de stupidité & d'indolence.

SUPPOSONS qu'il soit vrai que le sable ait été changé en verre par un feu allumé sur le bord de la mer; à quoi auroit servi ce hazard, si, aussi indolens que les Marianois, ceux qui firent ce feu, n'y eussent fait aucune attention? La découverte du verre ne se feroit point faite alors.

D'UNE pomme que Newton voit tomber, il infère la gravité & l'orbite de la lune. La chute de la pomme fut un hazard sans doute; mais s'ensuit-il de-là que la découverte de Newton en soit un? Archimède entre dans un bain; il remarque en s'y plongeant que le poids de ses membres diminue; il en conclut que des corps d'égal volume, mais de différente gravité spécifique, pèsent dans l'eau, plus ou moins, en raison de leur gravité ou densité spécifique. (19) Voilà comment un grand homme fait faire usage du hazard. Le hazard a fourni l'occasion

(19) Ces deux faits pourroient n'être pas exactement vrais, sans que ma proposition cessât pour cela de l'être; car supposé qu'ils soient constatés, & qu'ainsi le hazard ait donné lieu aux découvertes, avec ce hazard même ils serviront à confirmer mon opinion.

de la découverte; mais c'eſt le génie qui l'a faite.

Disons donc, ſans crainte de nous tromper; que celui qui a le plus découvert, le plus inventé, eſt celui qui, habile à profiter de tous les hazards, en a ſu tirer les conſéquences les plus juſtes & les plus importantes; & concluons que l'homme actif, l'homme qui penſe, eſt le plus capable d'inventer. C'eſt donc extravaguer de qualifier l'inventeur de ſtupide; car c'eſt taxer de ſtupidité l'homme qui penſe, précisément par la raiſon qu'il penſe.

Il eſt bien vrai que le hazard peut quelquefois, non-ſeulement donner occaſion à une découverte, mais l'offrir entièrement aux yeux, & la mettre, pour ainſi dire, ſous la main. C'eſt, dit-on, par un hazard pareil que Berthold Schwartz fit la découverte de la poudre à canon. Avant que le hazard l'eût éclairé, il eſt clair qu'il ignoroit l'effet que produiſoit le mélange de charbon, de ſoufre & de ſalpêtre, en prenant feu par le broyement & le frottement; mais ſi ce Schwarts ne ſe fût jamais occupé de la chymie, de la diſſolution & du mélange de divers corps, le hazard ne lui auroit jamais enſeigné à faire de la poudre à canon. Bien plus, ſi Schwarz n'eût pas réfléchi ſur cette exploſion, s'il n'eût pas fait attention à la proportion des matières différentes dont cette poudre étoit compoſée, cette découverte, produite par le hazard, auroit été négligée & bientôt oubliée, ſans qu'on en eût tiré au-

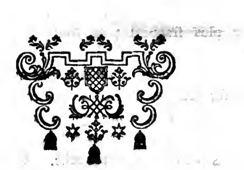
cun avantage, & autant auroit valu qu'elle n'eût pas été faite, du moins quant à ses effets.

Il en est de même des découvertes faites dans les sciences abstraites. *Leibnitz* se propose de trouver la chaînette; après bien des méditations profondes, des combinaisons & variations d'idées sans nombre, il résout enfin le problême. Dira-t-on que c'est par un hazard qu'il rencontre la tournure heureuse qui satisfait au problême. Dans ce cas, rien n'empêche aussi qu'on ne dise que c'est par un cas fortuit que j'écris actuellement sur cette matière, & non sur les neuf métamorphoses de Vistnou. Il est impossible d'abuser du mot *hazard* d'une maniere plus frappante; ou tout dans le monde est hazard.

Au reste, dans les observations que je viens de faire sur les découvertes des Allemands, je ne me suis proposé rien moins que de donner atteinte à la gloire des autres nations éclairées, ou des grands hommes qu'elles ont produits. Une telle idée seroit non-seulement ridicule, mais insensée. On doit la plus haute estime à toute nation qui cultive les arts & les sciences; & presque toutes les nations Européennes sont dans ce cas aujourd'hui.

Personne, j'espère, ne trouvera mauvais que j'aie pris ici la défense de la nation Allemande; le peu que j'ai dit dans cette vue, met tout homme non prévenu dans le cas de juger si j'ai raison ou

non. Un de mes souhaits les plus ardens & qui, je pense, m'est commun avec tout amateur des arts & des sciences, c'est qu'un de nos plus illustres savans (M. *Kæstner*), qui, à la plus vaste érudition, joint la plus grande pénétration, veuille se charger de débrouiller l'histoire des découvertes des Allemands, & enrichir ainsi la littérature d'un des morceaux les plus précieux pour l'histoire de la raison & la gloire de l'humanité.



TRAITÉ

TRAITÉ
DE
L'ÉLASTICITÉ DE L'EAU.

INTRODUCTION.

S'IL importe de connoître la nature des élémens, si par cette connoissance on peut parvenir à expliquer la plupart des phénomènes dans la physique, il est évident que l'eau, ses parties, ses qualités internes, exigent préférablement un examen réfléchi. Aussi les plus grands physiciens se sont-ils occupés à la décomposer; les anciens cependant & les modernes s'y sont pris de tout tems de différente façon. Une partie ne jugea de la nature de cet élément & de ses forces élémentaires, que sur ce qu'elle y voyoit arriver journellement; d'autres, plus profonds, exposerent l'eau au feu & à d'autres moyens violens, & fonderent leurs conclusions sur des expériences. Ainsi il n'est point surprenant que les hypothèses des premiers s'accordent si peu avec le résultat des derniers; mais il est beaucoup plus remarquable qu'il regne un si grand contraste entre ceux qui doivent toute leur connoissance à des expériences. Personne n'ignore la célebre dispute que de

grands phyſiciens de notre tems ont élevée ſur les parties élémentaires de l'eau. Mr. *Eller* ſoutenoit que c'étoit de la terre, ou du moins que l'eau pouvoit être changée en terre; Mr. *Pott* (1) au contraire le nioit. Ils étoient tous les deux de grands chimiſtes Allemands; tous les deux ſe fondoient ſur des expériences, & tous les deux étoient diamétralement oppoſés. Il ne me paroît point d'ailleurs, que la propoſition, que l'eau peut être changée en terre, ſoit, comme on le croit, auſſi généralement importante, dans l'application qu'on en fait aux révolutions de la terre par la diminution de l'eau. Si l'on concede que l'eau peut être changée en terre, je ne veux pas du moins prendre ſur moi de nier que la nature ne puiſſe, en raiſon inverſe, de l'eau reproduire de la terre; & enſuite qu'a-t-on gagné? Comment peut-on aſſurer, par exemple, que la Mer Baltique a perdu de ſa grandeur par une diminution réelle de l'eau, ſurtout, quand on réfléchit que l'exhauſſement du fond de la mer près de ſes bords, exhauſſement qui dans quelques ports eſt inconteſtable, peut facilement induire à conclure que l'eau a diminué (2)? Cependant je ne prétends

(1) Hiſtoire de l'Acad. de Berlin, 1746. p. 45. & 1753. p. 25. & 1752 & 1756.

(2) Mr. le Prof. *Kratzenſtein* ſoutient de nouveau, qu'il eſt impoſſible que l'eau puiſſe ſe changer en terre. Selon lui

nullement, qu'on doive regarder cette diſpute comme n'étant d'aucune utilité; de pareilles conteſtations, fondées ſur des expériences oppoſées, ſont toujours inſtructives, & il eſt très-intéreſſant pour le phyſicien, de ſavoir ſi l'eau & la terre ſont une & même choſe, ou peuvent le devenir: je dis ſeulement que l'application qu'on en fait ne paroît point heureuſe. Ce n'eſt pas ici le lieu de diſcuter plus amplement ces propoſitions; je ne les allegue que comme un exemple de notre ignorance.

On comprend aiſément, que l'eau ſe trouvant partout ſur notre globe, on devoit ſouhaiter de connoître mieux ce corps. La nature l'a non ſeulement répandu en énormes maſſes, mais elle en fait même un uſage ſi univerſel, qu'on ne voit provenir ni croître ſans elle aucune plante, aucun animal, ni preſque même aucun minéral (3). C'eſt auſſi la raiſon pourquoi, dès les tems les plus anciens, l'eau a été regardée comme un élément, c'eſt-à-dire un corps, ſans lequel rien ne pouvoit être

la diminution de la mer ne vient que de la ſomme des corps, que les fleuves y charrient, & qui produiſent le rehauſſement du fond de la mer. Voyez Acta Litter. Hafnienſ. 1778. artic. 5.

(3) Mr. *Bergmann*, un des plus grands phyſiciens de notre ſiecle, croit que l'eau eſt le premier élément des pierres. Voyez *Phyſicaliſche Beſchreibung der Erde*, 1769. §. 52.

opéré, ni produit. L'opinion de faire exister les élémens les uns des autres, ou de métamorphoser l'un en l'autre, a été de tout tems l'idée favorite des philosophes.

Il est connu que les anciens physiciens, p. e. *Vitruve* (4), ont indiqué des expériences par lesquelles ils vouloient démontrer que l'eau pouvoit être changée en air; mais l'Eolipyle même, par lequel ils prétendoient prouver leur opinion, a paru constater le contraire aux modernes (5). Tous les doutes sur ce point ne sont cependant pas encore levés; car il y a de notre tems même d'habiles chimistes, qui ne regardent point comme prouvé, que l'eau ne puisse point être changée en air, ou l'air en eau (6). On souhaite de limiter la nature, de la simplifier; on veut qu'elle n'ait qu'un ou tout au plus deux élémens primitifs, desquels elle doit tout créer, tout produire; mais on n'observe pas que nous n'avançons presque en rien, par cette simplicité de la nature; car nous comprenons d'autant moins, comment, avec si peu d'élémens primitifs, elle peut créer toutes les au-

(4) *Vitruve*, Libr. I. Cap. 6.

(5) Voyez les essais de *Wolff* & beaucoup d'autres Physiques.

(6) Voyez *Rozier* Obs. sur la phys. l'hist. nat. & les arts, 1776. *Juillot*, l'excellente Dissertation de *Leidenfrost*, *de aqua communi*.

tres ſubſtances, qui ſont ſouvent ſi extraordinairement variées à nos ſens; ainſi les difficultés s'accumulent d'autant plus de l'autre côté. La recherche des élémens primitifs, des ſoi-diſans élémens, paroît, du moins juſqu'ici, être auſſi ſtérile pour nous que la Téléologie le parut au grand *Bacon* (7).

Or, puiſque nous ne ſaurions aller plus loin en ceci, nous devons trouver un intérêt d'autant plus grand à approfondir les qualités des corps que nous pouvons employer dans l'économie & dans la mécanique, & qui nous ſont utiles. C'eſt la raiſon pour laquelle la recherche des forces des corps ſolides & fluides eſt le ſervice le plus eſſentiel qu'on puiſſe rendre aux hommes. C'eſt de cette façon que, ſans prétendre déterminer la nature des élémens, *Kepler* & *Newton* nous ont dévoilé le ſyſtême du monde, expliqué la cauſe du flux & du reflux de la mer, & des phénomènes de l'optique, & que *Guerike* & *Boyle* nous ont fait connoître les propriétés de l'air. Si, du tems de *Guerike*, on avoit regardé la pompe pneumatique comme inutile, ou ſimplement comme une jolie invention, l'application qu'on en fait actuellement à toute la mécanique, ſuffiroit pour démontrer combien on ſe feroit trompé, & de quelle importance étoit cette nouvelle découverte. *Torricelli*,

(7) *Eſt ſicut virgo ſterilis, quæ nihil parit.* Baco.

Guerike & *Fahrenheit*, ne penſerent ſûrement point encore à meſurer les montagnes par le barometre, ni à l'utilité du Thermometre dans la réfraction. Mais, comme la découverte de l'élaſticité de l'air eſt devenue très-importante, on doit légitimement conclure, qu'on peut auſſi eſpérer des avantages très-conſidérables, de la recherche des forces de l'eau, fluide tout auſſi généralement répandu. Il eſt toujours injuſte de déclarer la découverte d'un nouveau pays inutile, ou de mépriſer celui qui l'a découvert, parce qu'il n'en livre pas ſur le champ, ou n'en ſauroit livrer une carte topographique, une liſte exacte de ſes productions, & des branches de commerce auxquelles il donnera l'exiſtence. Cet homme a fait toujours une découverte intéreſſante; &, ſi d'autres le ſuivent, on ſaura bientôt ce que ce pays pourra rapporter. De même auſſi, une recherche plus préciſe de l'élaſticité de l'eau & l'invention des machines qui l'ont pour objet, peuvent dans la ſuite être applicables & devenir utiles à l'homme. D'ailleurs ces recherches ſont en général très-importantes au phyſicien.

QUAND j'aurai par quelques réflexions générales tâché de rendre l'élaſticité de l'eau probable, je propoſerai ici les expériences & les opinions qui tendent à ce but; on ſe verra par-là en état d'enviſager d'un coup d'œil, tout ce qui y appar-

tient. Et quand du tout il ne résulteroit que quelque addition à la liste des faits que nous ignorons, on en apprendra à connoître le chemin que la raison a pris pour s'assurer d'une vérité physique, & on s'accoutumera à ne pas être trop prompt dans ses décisions, quand on verra les difficultés qui s'offrent, encore de notre tems, au physicien, quoique muni des meilleurs instrumens.

Réflexions générales préliminaires.

Tous les corps que nous connoissons jusqu'ici, ne sont ni parfaitement durs, ni parfaitement mous, & ne sont pas non plus parfaitement élastiques. Dans les expériences, cependant, sur les loix de la collision des corps, il est plutôt possible d'en trouver, qui satisfont aux loix calculées pour les corps élastiques & mous, que pour les corps durs. Si K signifioit la vitesse de deux corps après leur collision, il s'ensuivroit selon la loi fondamentale $K = \frac{MC - mc}{M + m}$; que K disparoîtroit, quand on égalise les masses & les vitesses entre elles; ainsi aucun des deux corps ne rejailliroit. Quiconque a jamais tenté des expériences sur ce fait, n'aura trouvé aucun corps, qui, après le choc, n'ait rebondi à un espace mesurable. Ceci peut donc servir de preuve de l'existence d'un degré considérable d'élasticité dans tous les corps, solides ou fluides,

Qu'on confidere ceux-ci comme on voudra, on devra toujours convenir qu'en dernier lieu ils font compofés de petites particules folides, de figure ronde ou ovale, & qu'ils prennent, relativement à cela, légitimement part aux loix des corps folides. Il fera par cette raifon bien difficile de contefter à l'eau un degré vifible d'élafticité. On ne fauroit cependant être trop circonfpect, quant à fon élafticité prouvée par le rebondiffement. On peut, il eft vrai, attribuer uniquement à l'élafticité le rebondiffement d'une pierre, ou d'une bale de fufil, jetée ou tirée contre l'eau fous un angle aigu. *Bellogradi* s'eft particulierement déclaré pour cette opinion (8). Il regarde l'eau dans ce cas comme une fuperficie folide, qui fait rebondir un corps qu'on y jette ; or ceci arrivant avec peu de perte de la force & une légere diminution de l'angle d'incidence, l'eau devroit être regardée comme très-élaftique. Le célebre *Spallanzani* entreprit de prouver l'erreur de fon compatriote, non-feulement par des raifons de théorie, mais en même tems, par des expériences très-importantes; & de contefter à l'eau toute élafticité vifible (9). Il tenta l'expérience des corps

(8) *Della refleffione di corpi d'all acqua e della diminuzione dalla mole di faffi ne torrenti & ne fiumi. in Parma.* 1753. *in 4to.*

(9) Differtations de phyfique & de mathematiques de

rebondiſſants, avec de la terre graſſe, de la fange viſqueuſe de riviere, des jaunes d'œufs, & trouva que ces corps, qu'on ne ſauroit regarder comme notablement élaſtiques, offroient les mêmes réſultats, quant au rebondiſſement. Il remarqua diſtinctement que ce rejailliſſement des pierres peut être entiérement expliqué par un ſimple changement de leurs directions, occaſionné par la réſiſtance de la terre graſſe ou de l'eau. Car, poſé, Pl. II. *Fig.* 4. qu'une pierre ſoit jetée dans la direction *OA*, contre la ſurface d'un fluide quelconque, ſi elle touche le fluide dans *A*, elle trouve d'abord une réſiſtance qui lui ôte une partie de ſa force & de ſa direction, qu'elle altère du moins. Elle ne continue plus d'aller dans la ligne *OAC*, mais ſouffre une réfraction vers *ab*; ſubiſſant une ſemblable altération de ſa force & de ſa direction dans *ab*, elle ne ſauroit avancer dans la ligne *abD*, mais ſouffre une nouvelle réfraction, & va vers *bc*. De même maniere, au lieu de continuer d'avancer dans la ligne *bcE*, elle va vers *cd*, *de*, *cf*, *fg*, juſqu'à ce qu'en *B* elle quitte la ſurface de l'eau, qui eſt, pour ainſi dire, un peu enfoncée, & par cette raiſon elle quitte l'eau ſous un angle qui n'eſt pas tout-à-fait égal à l'angle d'incidence (10). Mr.

Spallanzani, 8vo. Diſſ. du rebondiſſement des pierres ſur l'eau.

(10) *Spallanzani* trouva que l'angle d'incidence n'étoit

Spallanzani en dérive auſſi le rebondiſſement des goutes, qui tombent d'une certaine hauteur ſur une ſuperficie d'eau. Il ſe repréſente la maſſe d'eau comme compoſée de diverſes couches. La goute touchant la ſuperficie de l'eau, fait, pour ainſi dire, entr'ouvrir par ſon choc la premiere couche, enſuite une ſeconde, & puis la ſuivante juſqu'à ce que la force de la goute ſoit épuiſée. Cette ſéparation fait néceſſairement naître un creux à-peu-près comme dans la 1re *Fig.*, que j'ai mieux aimé montrer en profil pour en faciliter l'intelligence au lecteur (*Fig.* 1re, PLANCH. 3me.) Les parties de la couche ſupérieure *a b* paſſent ainſi la ſuperficie horizontale de la hauteur *a x*, les parties de la ſeconde couche ſortent de leur état d'équilibre de la moindre hauteur *c x*. Ces parties des couches cherchent, après le choc, à rentrer dans leur ſituation précedente, & l'exécutant avec une viteſſe proportionnée au choc, ſurtout ſi elles ſont fort liquides, elles forcent par leur colliſion les parties de l'eau, qui ſe ſépare ſi aiſément, à s'élever. Cela arrive avec plus de lenteur dans des matieres cohérentes telles que le jaune d'œuf, & il faut que la hauteur ſoit déjà très-conſidérable pour qu'on remarque ce jailliſſement. Il me ſemble que par l'explication de *Spallanzani*, fondée ſur des expérien-

pas dans cette expérience entiérement égal à l'angle de réflexion. Voyez Diſſ. de *Spallanzani.*

ces inconteftables, on peut rendre intelligibles les principaux phénomènes que *Bellogradi* attribue uniquement à l'élafticité de l'eau. Mr. *Spallanzani* paroît cependant paffer un peu trop légérement fur un fait rapporté par *Bellogradi* (11). Celui-ci allegue le rejailliffement ou le rebondiffement d'une goute d'eau qui tombe de quelque hauteur fur une fuperficie de marbre, comme une preuve de l'élafticité de l'eau. Il dit qu'on ne fauroit l'attribuer uniquement à l'élafticité du marbre, parce qu'on exige pour cette réflexion l'élafticité des deux corps qui fe heurtent, tant du marbre que de l'eau (12). *Spallanzani* remarque avec raifon contre cette affertion, que pour le rebondiffement on ne requiert que l'élafticité du corps qui reçoit le choc & un certain degré de dureté de la part de celui qui le donne, fans qu'il foit néceffaire que tous les deux foient élaftiques (13). En effet un corps dur doit rebondir de deffus un corps élaftique contre lequel il heurte, par la raifon que celui-ci fe rétablit d'abord après le choc & repouffe par-là le premier.

(11) *Bellogradi* au livre cité, p. 51.

(12) *Bellogradi*, p. 52. *Ne vuolfi dire che un tal fenomeno deefi al elaterio del marmo. Poiche alla rifleffion richie defi la forza elaftica in amendue, cioe a dire, nel marmo che urtafi e nel corpo che l'urto forma e produre, altrimente anche i corpi molli rifalirebbero dal porfido e dall' avorio.*

(13) *Spallanzani* Differt. p. 256.

Il feroit injuste de fuppofer ici un corps, qui eût fi peu d'élafticité, qu'en fe remettant il ne pût repouffer une goute; car, s'agiffant ici d'un corps élaftique, comme p. e. du marbre, on pofe d'abord un corps confidérablement élaftique, contre lequel l'eau va heurter; & il eft alors évident que celui qui heurte contre lui doit rebrouffer, foit qu'il foit dur ou élaftique.

Mr. *Spallanzani* allegue auffi, avec raifon, comme des exemples applicables ici, des corps repouffés par des cordes tendues; mais l'exemple de petites boules de marbre coloriées, qui tombent fur une fuperficie de marbre & y laiffent des taches, ne me paroît pas auffi jufte; car *Bellogradi* gagneroit toujours à ces comparaifons, les deux corps étant de marbre, ou élaftiques. Il ne s'agit point ici à l'égard de l'eau, de corps mous qui tombent contre les corps élaftiques dont parle *Bellogradi*; car on ne difpute point fi l'eau eft molle ou élaftique, mais fi elle eft dure ou élaftique.

Si on vouloit cependant fuivre ultérieurement ces expériences, on pourroit, de façon ou d'autre, trouver quelque chofe contre *Spallanzani* en faveur de l'élafticité de l'eau. On ne fauroit nier que deux corps élaftiques en différent dégré, & tombant d'une hauteur égale fur la même fuperficie dure ou élaftique, feront réfléchis plus ou moins haut, relativement au degré de leur reffort. Il fau-

droit ainfi prendre des corps d'un poids & d'une maffe égale, p. e. des boules de fer, d'étain, de plomb, fi vous voulez de la dragée, avec une maffe égale à une goute d'eau, les laiffer tomber fur une plaque de marbre, & mefurer enfuite exactement les hauteurs qu'ils atteindroient en rebondiffant. On fait que les goutes de pluie qui tombent d'un toit, rejailliffent à une hauteur confidérable; mais, comme les parties d'eau fe divifent facilement en rejailliffant, à caufe de leur peu de cohéfion, en parties plus petites, il faudroit mefurer ces mêmes hauteurs par le moyen d'un papier contre lequel elles rejailliroient. Une regle feroit fuffifante pour les dragées. Mais il faudroit prendre garde de ne point verfer, pour rendre le rejailliffement plus fort, une grande quantité d'eau de fuite, car les parties d'eau fuivantes fe mêleroient avec celles qui rejailliroient déjà, & perdroient de leur hauteur. Il eft probable que l'on trouveroit des corps, qui ne rebondiroient point à une hauteur égale à celle des goutes d'eau. Ces expériences exigent cependant plus d'exactitude & de foin, qu'on ne le croiroit au premier coup d'œil.

Je paffe à une nouvelle preuve de l'élafticité de l'eau, qui, pour je ne fais quelle raifon, à été négligée par *Mufchenbroek*. C'eft la propagation du fon par le moyen de l'eau. Il allegue à la vérité à ce fujet les expériences des Anglois & de

l'Abbé *Nollet* (14); mais il n'en tire point la conclusion très-naturelle, qu'il faut que l'eau soit élastique pour propager le son. Dès que quelques expériences faites avec soin, & dont je vais rapporter les principales, prouvent évidemment cette propagation, l'objection que l'on fait, qu'elle appartient uniquement à l'air que l'eau contient, pourroit être facilement levée de la maniere suivante.

La distribution des particules d'air dans l'eau peut être réduite à trois diverses situations (Pl. III. *Fig.* 2, 3 & 4.) La 2de, 3me & 4me *Figures* de la 3me Planche montrent des profils d'une masse d'eau chargée de bulles d'air. Les particules d'air sont dans la 2de *Fig.* par couches horizontales, dans la 3me en confusion, détachées & éloignées les unes des autres. Si un son naît d'une cloche ou de toute autre façon, il est impossible qu'il se propage uniquement à l'aide de l'air placé comme dans ces deux figures, & quand même il naîtroit dans un lieu très-voisin de l'air; car dans ces deux cas les vibrations de l'air seroient toujours gênées ou interceptées par l'eau qu'on suppose ici privée de toute élasticité, & qui est placée entre les particules d'air. Le troisieme cas indiqué par la 4me *Fig.*, seroit le seul qui pouroit faire parvenir le son du corps qui l'excite

(14) *Introduct. ad Philosophiam naturalem*, T. II. p. 930.

dans l'eau, à l'air fupérieur. Les particules d'air feroient ici en partant du corps qui excite le fon, dans une fituation perpendiculaire, diagonale ou courbe, de forte que la particule d'air d'une couche joindroit directement celle de la fuivante, ou la toucheroit, & alors cette file de globules d'air qui monteroient, feroit en état de propager le fon. Mais que ne faut-il pas fuppofer dans ce cas? Il faut tout au moins admettre que, dans chaque couche d'eau, chaque particule d'air foit placée de façon qu'elle s'ajufte à l'autre. Aucune de ces couches ne doit être mife le moins du monde en défordre, car une particule d'air fe détournant, p. ex. d'un côté comme vers *a a*, toute communication cefferoit, & le fon feroit arrêté.

Mais y a-t-il la moindre vraifemblance à ce que les particules d'air aient juftement cette fituation? & en fuppofant que cela foit, il faut pourtant toujours un mouvement pour exciter ce fon dans l'eau. Dira-t-on que ce mouvement produit cette heureufe fituation des particules d'air? Cette production feroit elle-même le plus grand des hazards, & feroit facilement détruite par le mouvement continué du corps excitant le fon: & combien moins cette fuppofition feroit-elle admiffible pour une eau coulante, déjà de foi-même en mouvement? Si des expériences faites avec tout le foin poffible ont ainfi montré qu'un fon excité fous

l'eau fe propage jufqu'à l'air fupérieur, & qu'un fon produit dans l'air fupérieur fe fait auffi entendre dans l'eau, tous les doutes contre la non-élafticité de l'eau tombent par les réflexions précédentes. Les expériences fuivantes démontrent cette propagation du fon.

L'ABBÉ *Nollet* (15) fe fit plonger à diverfes reprifes dans la Seine, & à un figne, dont il étoit convenu, il fit, pendant qu'il étoit fous l'eau, crier fur le rivage, jouer d'une flute, fonner une cloche, & tirer un coup de piftolet. Il entendit tous ces fons diftinctement fous l'eau, ils étoient feulement un peu afoiblis, mais la différence de la force n'étoit point proportionnée à la hauteur de l'eau qui étoit au-deffus de lui; car fous deux pieds d'eau, il entendoit un fon ou un ton auffi fort que quand il n'en avoit que deux pouces au-deffus de fa tête. Il diftinguoit, p. ex. le ton *C*, quand on donnoit le ton *C* fur l'inftrument, & non une octave plus bas.

ARDERON fit même plonger des hommes jufques à douze pieds fous l'eau, & encore à cette profondeur ils entendoient le coup d'un fufil (16). *Nollet* fe mit dans une cuve pleine d'eau & y plongea fa tête. Dans cette fituation il frappa des pierres l'une

(15) Mem. de l'Acad. des fciences de Paris 1743 p. 287. édit. de Holl.

(16) Philofop. Tranfact. N. 436.

l'une contre l'autre, fit ſonner une clochette & trouva ce ſon extraordinairement fort; le bruit des pierres lui fut ſurtout très déſagréable (17). *Arderon* fit ſonner à un homme une cloche à diverſes profondeurs ſous l'eau, & l'entendit ſur le rivage. *Nollet*, pour ſe convaincre que l'air contenu dans l'eau n'étoit point la cauſe principale du ſon, vuida une quantité conſidérable d'eau de tout l'air qui y étoit contenu, & mit un réveil dans cette eau, privée d'air, & ne trouva pas la moindre différence dans la force du ſon (18), c'eſt à dire que le ſon du réveil étoit auſſi fort dans cette eau privée d'air, que dans celle qui avoit encore tout le ſien. Si l'air avoit eu quelque influence ſur le ſon, il auroit du moins été afoibli. *Muſchenbroek* répéta cette expérience & elle lui réuſſit non-ſeulement comme à l'Abbé, mais même encore, dans quelques autres fluides; (19) & malgré cela il n'emploie pas, comme *Nollet* le fait avec raiſon, ces expériences à prouver l'élaſticité de l'eau. Il paroît prévenu contre elle, comme nous l'avons dit, plus même que Spallanzani.

La condenſation d'un volume d'eau par le froid paroît auſſi indiquer de l'élaſticité. Quand on remplit de liqueur un tuyau de thermomètre jusqu'à

(17) Nollet Mem. p. 309.
(18) id. ibid. p. 301.-336.
(19) Muſchenbr. introd. ad Phil. natural, t. 2. p. 931.

une certaine hauteur, & qu'on le met enſuite dans un mélange de ſel ammoniac & de glace, la liqueur ſe condenſe & ſa colonne ſe raccourcit conſidérablement. *Muſchenbroek* (20) convient avec *Bellogradi* en ce point; c'eſt qu'il regarde ce phénomène comme une preuve de la condenſabilité de l'eau. Le froid qui pénètre les parties les plus ſubtiles du fluide, agit tout autrement que les forces qui ne peuvent affecter que la ſuperficie de l'eau, & c'eſt la raiſon pour laquelle *Muſchenbroek* avoue, pour ainſi dire excluſivement, cette compreſſion de l'eau. Mais la poſſibilité du reſſerrement des corps fluides dans un petit eſpace étant prouvée par-là, on en conclut trop précipitamment, que cette compreſſion n'eſt poſſible que par ce ſeul moyen. On ne ſauroit ainſi conteſter la condenſabilité & l'élaſticité à l'eau, & à d'autres corps fluides. Ce qui ſuit fera voir juſqu'où nous ſommes parvenus dans cette difficile recherche, & ce qui reſte encore à déterminer.

Opinions des anciens ſur la nature de l'eau.

Je ne rapporterai pas ici toutes les opinions des anciens philoſophes ſur les parties élémentaires de l'eau; car je me verrois obligé de copier

(20) *Introd. ad Phil. nat.* T. II. p. 575.

diverſes idées inutiles, qui, ayant été miſes par écrit ſans être ſoutenues par des expériences, ſont peu capables d'inſtruire. Il eſt ainſi ſuperflu pour nous, de ſavoir que *Thalès* & *Démocrite* ſuppoſoient que l'eau étoit l'élément primitif de tous les corps; mais je m'arrêterai un moment ſur l'opinion d'*Ariſtote.* On pourroit par ſa définition du dur & du mou (21) être en quelque façon induit à croire qu'il tenoit l'eau pour un corps mou, mais il y ajoute en termes formels, que l'eau n'appartient point aux corps mous & eſt entièrement dure. „ *Eſt autem durum*, dit-il, *quod in ſeſe* „ *non refugit*, *molle vero*, *quod in ſeſe non obluc-* „ *tando refugit*, *aqua namque* haud quaquam „ mollis eſt, *quippe cujus pars ſumma compreſſio-* „ *ne minime introcedat*". Il eſt facile de voir pourquoi il croyoit cela; on voit ſans ceſſe des preuves de la grande réſiſtance de l'eau. Qui ne ſent point la force de la goute qui tombe? Qui eſt-ce qui ne remarque point la grande réſiſtance que reſſentent la main, la rame ou tout corps ſolide qui agit contre l'eau? Cela ne pouvoit échapper à un obſervateur tel qu'*Ariſtote.* Il ne paroît pas, à la vérité, qu'il ait eu cette idée de l'eau, d'après des expériences particulières qu'il eût fai-

(21) *Ariſtot. Meteorologior.* L. IV. C. 4. ſelon la traduction de Vatable & l'édition de *Caſaubon. Ariſtot. op. omn.* Lugd. 1590. fol. p. 362.

tes. On trouve cependant, d'un autre côté, un passâ- qui fait soupçonner quelque chose de pareil. Il dispute dans sa physique sur la façon dont se peut faire la compression (22). „ *Possunt etiam corpora non ob ingressionem in vacuum, sed ob extrusionem eorum, quæ in ipsis insunt, densari, veluti, cum premitur aqua, fit ut aër, qui in ipsa est, extrudatur*". On pourroit conjecturer ici qu'*Aristote* avoit fait des expériences sur cette compression de l'eau; mais je crois qu'il n'allègue ce que je viens de citer, que comme un exemple dont l'idée lui vint dans le moment, sans penser réellement à une compression effective de l'eau opérée par une expulsion des particules d'air. Il est très-vraisemblable que s'il avoit fait des expériences, il les auroit publiées, & dans ce tems-là on raisonnoit plus sur la physique qu'on ne se fondoit sur des faits.

Il paroît que les recherches ultérieures sur les parties élémentaires de l'eau, ont cessé avec *Aristote*; les Latins copièrent d'après lui, ou avancèrent sur l'autorité de *Thalès* que l'eau est le principal élément. *Muschenbroek* assure que les anciens ont regardé l'eau comme molle (23). S'il veut parler des premiers élémens de l'eau, j'avoue que je

(22) *Aristot. Physic.* L. IV. C. 7. p. 223. édit. de *Casaubon.*

(23) *Muschenbr. Introduct.* T. II. p. 576.

ne l'ai trouvé nulle part chez les anciens. Selon *Lucrece*, l'opinion d'*Epicure* eſt que l'eau priſe en général eſt molle; mais il prouve expreſſément, dans l'endroit ſuivant, que des parties élémentaires les plus dures, il peut provenir ſelon leur différentes compoſitions des corps mous, p. ex. de l'air il peut provenir de l'eau (24).

Huc accedit, uti, ſolidiſſima materiai
Corpora cum conſtant, poſſint tamen omnia reddi
Mollia, quæ fiant, aër, aqua, terra, vapores,
Quo pacto fiant ex qua vi cunque genantur:
Admiſtum quoniam ſimul eſt in rebus inane.

On peut expliquer par ce paſſage d'autres endroits, où l'eau eſt dite molle (25). Mais en voilà aſſez ſur les opinions des anciens: je n'ai rien trouvé d'eſſentiel là-deſſus, ni dans *Pline*, ni dans *Seneque*. Ces opinions ſont d'ailleurs peu inſtructives, n'étant point fondées ſur des expériences.

François Bacon.

Les recherches plus préciſes ſur l'élaſticité de l'eau, commencent à ce ſavant, le plus grand homme de ſon ſiècle. Il eſt entièrement de l'opinion que l'eau peut être comprimée. *Muſchenbroek*

(24) *Lucret.* L. I. v. 566, 570.
(25) *Lucret.* L. I. v. 283.

paroît en douter. Il dit (26) „ que *Bacon*, dans „ son *impetus philosophicus*, p. 702. a plusieurs argu- „ mens en faveur de la dureté de l'eau, mais que „ dans son *novum Organon* il rapporte l'expérien- „ ce suivante". Je vais d'abord l'indiquer plus précisément, mais je remarquerai auparavant que *Bacon* n'a jamais soutenu dans un sens précis la dureté de l'eau, mais bien toujours son élasticité. Il y a, à la vérité, à la page citée par *Muschenbroek* (27), des preuves que l'eau fait une vigoureuse résistance; il le prouve par les pierres qui rebondissent de dessus l'eau; par la résistance de l'eau contre la main qui la frappe, contre la rame d'une barque; mais il n'explique tout ceci que par l'élasticité de l'eau. Car, dit-il quelques lignes après, la raison qui fait avancer la barque par le moyen de la rame, ne gît que dans la force de l'eau qui se rétablit après la pression. „ *Neque* „ *enim ejus rei causa precipua est aqua pone*

(26) *Tentamina experimentorum naturalium captorum in academia del cimento ex Italico in latinum sermonem conversa. Quibus commentarium & nova experimenta addidit.* P. V. Muschenbroek, Lugd. Bat. 1731. 4to. p. 65. de la seconde partie.

(27) *Bacon Op. om. translat. opera J. Arnoldi.* Lipsiæ 1694. fol. Il faut bien que *Muschenbroek* se soit servi de cette édition, parce que ses citations s'accordent avec les pages; il n'y a qu'une faute d'impression dans la seconde citation où l'on doit lire 290 pour 390.

„ *puppim ſcaphæ ſe colligens & ſcapham in contrarium protendens*, *quod ipſum tamen fit a preſſura ſe laxante* (28). Et l'avertiſſement qui précède dans la même page, met l'opinion dans laquelle *Bacon* étoit alors abſolument hors de doute. Il commence ainſi „ *motus condenſationis in aqua aut aëre aut ſimilibus per verberationem ſive impulſionem manifeſtus eſt*". Auſſi joint-il dans la ſuite toujours l'eau & l'air comme deux corps élaſtiques. Or, tous les corps élaſtiques doivent naturellement faire réſiſtance, & la font auſſi conſidérablement, p. ex. l'ivoire, ſans être dits pour cela des corps durs. Je me ſuis trouvé forcé de détailler ceci plus préciſément, parce que quelqu'un qui n'auroit devant ſoi que *Muſchenbroek*, ſans pouvoir chercher dans l'ouvrage même de *Bacon*, pourroit prendre une idée incertaine de l'opinion de celui-ci, par l'expreſſion du premier, qui d'ailleurs conteſte toute élaſticité à l'eau. Je paſſe à l'expérience de *Bacon*, par laquelle il crut enſuite avoir prouvé l'élaſticité de l'eau.

Il fit remplir exactement une boule de plomb creuſe & aſſez épaiſſe, qui contenoit environ deux pintes; ſouda enſuite l'ouverture, & aplatit un peu la boule à coups de marteau; mais cet aplatiſſement ne pouvant être pouſſé plus avant, il la fit

(28) *Bacon Op.* pag. 702.

mettre ſous une preſſe & la comprima encore plus fort. Or, la boule étant de tous les corps celui qui contient le plus d'eſpace, il s'enſuit que l'eau à été forcée par le changement de figure d'occuper un moindre eſpace. L'eau ne put plus enfin ſoutenir une compreſſion ultérieure, & ſuinta à travers le plomb en forme de roſée. *Bacon* calcula enſuite combien la capacité du creux avoit perdu par la compreſſion, & crut ainſi, que la maſſe d'eau avoit été comprimée d'autant. Les paroles de *Bacon* ſont, ſelon la traduction d'*Arnold* (29): „*Fieri*
„ *fecimus globum ex plumbo cavum, qui duas cir-*
„ *citer pintas vinarias contineret, eumque ſatis*
„ *per latera craſſum, ut majorem vim ſuſtineret.*
„ *In illum aquam immiſimus, per foramen alicu-*
„ *bi factum: atque foramen illud, poſtquam glo-*
„ *bus aqua impletus fuiſſet, plumbo liquefacto ob-*
„ *turavimus, ut globus deveniret plane conſolida-*
„ *tus. Dein globum forti malleo ad duo latera*
„ *adverſa complanavimus; ex quo neceſſe fuit*
„ *aquam in minus contrahi, cum ſphera figurarum*
„ *ſit capaciſſima. Deinde, cum malleatio non ſuffi-*
„ *ceret, molendino ſeu torculari uſi ſumus, ut*
„ *tandem aqua, impatiens preſſuræ ulterioris, per*
„ *ſolida plumbi, inſtar roris delicati, exſtillaret.*
„ *Poſtea, quantum ſpatii per eam compreſſionem*

(29) *Muſchenbroek Tentam.* pag. 65.

„ *imminutum foret*, *computavimus*, *atque tantam* „ *compressionem passam esse aquam* (*sed violentia* „ *magna subactam*) *intelleximus*". On a principalement objecté contre cette expérience, qu'il a été impossible à *Bacon* de remplir exactement d'eau cette boule, en partie parce que les particules d'air adhérentes aux parois de la boule sont très-difficiles à en être détachées, & parce qu'il a été toujours obligé de laisser, en soudant, un petit espace pour le trou. Qu'ainsi la capacité de la boule & l'eau qu'elle contenoit n'ont été diminuées par les coups de marteau & l'action de la presse, qu'autant qu'étoit grand l'espace occupé par l'air.

J'AVOUE que je n'ai jamais imité cette expérience. Cependant la premiere partie de l'objection de *Muschenbroek* attaque visiblement tout autant l'expérience des *Florentins* que je rapporterai dans la suite, & nonobstant cela, ils ne purent marteler, le moins du monde, leur boule d'argent remplie d'eau, sans qu'elle n'en jaillît dans l'instant. Il est possible que *Bacon* ait laissé en soudant un petit vuide, mais toute la boule étant comprimée, cette compression devoit sans contredit surpasser le peu de vuide qui étoit resté en soudant; ce vuide n'étant que dans un seul endroit, n'auroit point échappé au sage *Bacon*, s'il avoit été remarquable. Il ne pouvoit point à la vérité purger l'eau de l'air qu'elle contenoit, car il n'avoit encore point de pompe

pneumatique; mais il pouvoit la refroidir, & par-là la condenser. Voilà l'avantage que l'expérience de Florence pouvoit avoir.

CEPENDANT on ne sauroit suivre avec exactitude l'expériénce de *Bacon*, parce que la quantité de la compression est inconnue. Il dit simplement que l'espace interne est devenu plus petit, & qu'il a calculé la compression, sans même donner à connoître la methode de ce calcul ou mesurage. On pourroit dire que, peut-être, surtout si le plomb ou les parois de la boule avoient de l'épaisseur, une somme de particules d'eau a, par la violence, pénétré dans le plomb, & que les petites ouvertures ou pores étant remplis, elle fut forcée par la continuation à suinter ou percer. Si d'abord après la premiere opération, avant qu'il se fût perdu de l'eau par le suintement, sans continuer d'aplatir la boule par la presse, il eût fait sortir toute l'eau, & qu'il en eût retrouvé la même quantité, on pourroit aussi répondre à ce doute, comme nous verrons ci-après.

ON pourroit encore objecter que le métal, c'est-à-dire le plomb, a cédé. Le plomb étant en effet un des plus mous & des plus prêtans entre les métaux, on ne pourroit satisfaire avec précision à cette instance. Mais *Bacon* ayant dit expressément avoir calculé de combien la capacité du sphéroïde, ou, pour s'exprimer avec plus de justesse, du corps

aplati irrégulièrement ſous le marteau, étoit devenue moindre que la capacité de la premiere boule, il s'enſuit réellement, que ſi le plomb eût effectivement prêté, il auroit repris, l'expérience finie, ſa grandeur précédente, par l'élaſticité. Ce dernier cas eſt impoſſible; en premier lieu, parce que je propoſerai ci-après des expériences que j'ai entrepriſes dans ce même but, qui, dans des cas pareils, n'offrent qu'une élaſticité très-peu conſidérable dans des métaux bien plus élaſtiques que le plomb. En ſecond lieu, cette objection eſt réfutée, parce que le même phénomène n'arriva ni aux académiciens de *Florence*, ni enſuite à *Muſchenbroek* lui-même, avec des boules de plomb, d'étain, & même d'argent, qui ſont bien plus élaſtiques. Si, comme *Muſchenbroek* le prétend ſans preuve, *Bacon* n'a rempli ſa boule que négligemment, il reſtera beaucoup d'incertitude dans ſon expérience; cependant les deux défauts qui paroiſſent lui porter le plus grand coup, ſont que l'eau que *Bacon* a employée n'étoit pas purgée d'air, & en ſecond lieu, qu'elle n'avoit point été refroidie juſqu'au point de congélation.

ROBERT BOYLE.

JE n'ai trouvé depuis *Bacon*, perſonne qui ſe ſoit occupé de ces recherches que ſon compatriote

le célèbre *Boyle*. Il publia pour la première fois, en 1661, ses recherches sur l'air sous le titre: „ *Physico mechanical experiments upon the spring* „ *and weight of the air.*" C'est du moins ce qu'avance *Pierre Shauw* (30), éditeur des extraits de tous ses ouvrages. Je trouve cependant que *Boyle* date de 1659, à la fin de son excellent traité, adressé à Mylord *Dungarvan*; de sorte que les expériences que j'en citerai, doivent avoir été faites dans cette même année, ou avant. Je dois avertir ici qu'on ne trouve point dans *Shaw* la principale expérience sur l'eau qui apartient en ce lieu. Apparemment que, mettant le tout en abrégé, cette expérience lui a paru peu importante, quoiqu'elle soit la seule qui ait un rapport direct à la question. Voilà combien peu on doit souvent se reposer sur les abbréviateurs des ouvrages d'autrui. Cette expérience se trouve à la page 55e. de la traduction latine de quelques ouvrages de Boyle (31). Je mets ici toute la vingtieme expérience parce qu'elle contient le plus de ce qui a rapport à la question.

(30) *The Philosophical works of the honourable R.* Boyle *abrigd. methodized. and disposed under the general Heads by P.* Shaw, *London* 1738. *III. Vol.* 4to. I. *T. p. XXX. de la préface.*

(31) *Rob. Boyle* Opera *varia*, *Genevæ ap. S. de Tournes* 1677. 4to.

Experimentum. XX.

„ *Aërem præditum eſſe inſigni vi elaſtica, un-*
„ *decunque proveniat, abunde a nobis evictum ar-*
„ *bitror, coepitque jam à præſtantiſſimis phyſiolo-*
„ *gorum recentiorum agnoſci. In aqua tamen*
„ *vel languida ejuſmodi vis ſit nec ne, vix adhuc*
„ *perpenſum videtur, & nondum, quod ſcio, ab aliquo*
„ *ſcriptore ex alterutra parte determinatum.*
„ (Comme ſi *Boyle* n'avoit eu aucune connoiſſance
„ de l'expérience de *Bacon*, qui me paroît mieux
„ démontrer la choſe que celle de *Boyle*) *Quod*
„ *potiſſimum nos adduxit ad faciendum hoc ſequens*
„ *experimentum. Sumpta eſt vitrea bulla ampla,*
„ *oblongo collo*, (quam chemici ovum philoſophi-
„ cum appellare ſolent) *quæ repleta aqua com-*
„ *muni, donec liquor ſpithamam altior bulla eva-*
„ *ſerat; charta dein ei agglutinata, ipſa aperta*
„ *immitebatur in recipiens, atque aër uſitato modo*
„ *exugebatur. Eventus ſic ſe habuit: bona pars*
„ *aëris in recipiente incluſi prius exhauſta eſt,*
„ *quam ullam aquæ expanſionem animadvertere*
„ *potuimus. Operariis autem antliam jugiter ex-*
„ *ercentibus, viſa eſt tandem aqua adſcendere in*
„ *collo vitri, & variæ bullæ ab inferioribus vaſis*
„ *partibus ſeſe ſolventes, viam fecerunt per corpus*
„ *aquæ ad ſummam ejus partem, ibique in reci-*
„ *piens irruperunt; & ſimulac aqua intumeſcere;*

„ *coepit, tunc quoties verticillum in Epistomio ver-*
„ *sum est ad evacuandum aërem e recipiente in*
„ *antliam, aqua in collo vitri sese subito ad grani*
„ *hordacei latitudinem erexit, atque ita paulatim*
„ *prædicta meta aliquanto altior evasit. Et tan-*
„ *dem, ut manifestior fieret aquæ expansio, exter-*
„ *nus aër jussu nostro derepente est introductus, quo*
„ *facto confestim aqua subsedit, illudque omne spa-*
„ *tium, quod in vitro nuper acquisierat, deseruit. At-*
„ *que hac occasione haud absque re forsan erit, te cer-*
„ *tiorem facere de altero quodam experimento, licet*
„ *prius in aliis chartis alioque instituto illud me-*
„ *moraverimus, quod duobus aut tribus abhinc*
„ *annis adhibuimus, ad explorandum, sit in aqua*
„ *elater nec ne. Eodem tempore insignis ille &*
„ *perquam doctus empiricæ philosophiæ fautor D.*
„ Wilkinsius, *una cum amicis quibusdam curiosis*
„ *invisere me dignabatur: tumque ad manus mi-*
„ *hi erat vas rotundum & cavum ex plumbo ci-*
„ *nereo conflatum, duarum aquæ librarum satis*
„ *capax, & accurate clausum undique, relicto*
„ *tamen unico eoque perexiguo foramine, quo im-*
„ *pleretur; tum partim exsugendo aërem, tum*
„ *injiciendo aquam ope syringis injectorii, non sine*
„ *aliqua difficultate implebatur; & per foramen,*
„ *quod in superiori ejus parte continebatur, plus*
„ *adhuc aquæ, instrumenti supra memorati ope,*
„ *paulatim injectum est. Quo facto, vase licet qui-*

„ *efcere permiffo, & foramine in fuperiore fua*
„ *fede adhuc manente, compreffa tamen aqua,*
„ *pedetentim fupra orificium foraminis intumuit,*
„ *& variæ guttæ per vafis latera effluxerunt.*

„ *Poftea effecimus, ut peritus ftannarius, qui*
„ *globum illum conflaverat, coram nobis, adeo*
„ *exquifite ferrumine fuo occluderet, ut nemo fuf-*
„ *picaretur, aliquid, præter aquam, intus re-*
„ *lictum effe. Poftremo vas ita ferrumine occlufum*
„ *caute & fæpius ligneo malleo in variis locis percus-*
„ *fum fuit, quo liquidò comprimebatur, atque aqua*
„ *inclufa in anguftiorem locum coarctabatur, quam*
„ *quem antea occupaverat; atque ita cum arrep-*
„ *ta acu, mallei impulfu perforaffemus vas, &*
„ *dein acum extraxiffemus, aqua, fed non nifi*
„ *tenuiffimo rivulo, projecta eft in aërem ad alti-*
„ *tudinem duorum aut trium pedum."*

Il y a donc ici, felon le fentiment de *Boyle*, trois diverfes expériences qui doivent démontrer l'élafticité de l'eau. La premiere ne prouve, à la vérité, que la preffion de l'atmofphere fur l'eau, & l'élafticité de l'air; c'eft à dire, dès que fa preffion à été écartée par la pompe pneumatique, les véficules d'air, contenues dans l'eau, peuvent fe déve-lopper librement; c'eft ce que quiconque a vu opérer une pompe pneumatique, n'ignore à préfent. La feconde expérience m'eft en partie incompré-henfible. Comment *Boyle* put-il s'avifer de faire paffer

l'eau qui sort & coule hors de la boule, quand elle étoit encore ouverte, comme un effet de la compression? Qu'on s'imagine cette ouverture aussi petite qu'il soit possible, il sera toujours évident que l'eau couloit vers l'endroit où elle trouvoit le moins de résistance. Dans de grandes ouvertures même, quand on remplit un vase d'eau, il s'en éleve des parties au-dessus de la superficie de ce vase, & elles s'arrêtent à cette hauteur par la cohésion sans s'épancher d'abord. Mais quand, l'operation finie, quelques goutes se sont épanchées, il est très-possible que quelques globules d'air s'étant détachées des parties basses de l'eau ou du vase, aient surmonté la cohésion & fait couler ce peu de parties supérieures de l'eau. Mais je trouve plus importante la troisieme expérience, qui est, qu'ayant rempli à force une boule d'étain, outre mesure, d'eau, par le moyen d'une seringue, & qu'après l'avoir ensuite exactement fermée, il a vu jaillir l'eau comme une fontaine par un petit trou fait avec la pointe d'une aiguille; car on pourroit facilement conclure de-là, que ce jaillissement par l'ouverture faite avec la pointe de l'aiguille étoit causé par l'élasticité de l'eau violemment comprimée. *Muschenbroek* est entièrement d'opinion que ce jaillissement doit être attribué uniquement à l'élasticité de

de l'étain (32). C'eſt à dire que la boule d'étain à été tendue par l'eau qu'on y a fait entrer avec force; que le métal à été, par la dureté de l'eau, retenu dans cette tenſion, juſqu'au moment qu'on à donné une iſſue à l'eau par l'aiguille; que l'élaſticité des parois de la boule ſe retréciſſant l'ont forcé à jaillir. *Muſchenbroek* croit auſſi que les parties du métal avoient été encore plus tendues par l'action de l'aiguille, & avoient agi enſuite avec plus de force.

Il faut que j'avoue que le commencement de cette troiſième expérience *de Boyle* m'a paru fort étrange; car je ne ſaurois comprendre encore, comment, après avoir entièrement rempli un vaſe d'eau, on peut y en faire entrer ou en fourrer de nouvelle par le moyen d'une ſéringue; car c'eſt ainſi que j'entens la narration *de Boyle*; & *Muſchenbroek* l'entend de même, ſans penſer à cette difficulté. En ſuppoſant que, par la force de la ſéringue & celle qu'il y a employée, il ait pu y faire entrer plus d'eau, il a toujours été obligé de retirer la ſéringue, qui devoit pénétrer dans le vaſe, dont l'eau ſe ſeroit épanchée plutôt ſans cela, pour ſouder l'ouverture par laquelle il avoit été rempli: avec quelque viteſſe que cela ait pu ſe faire, il y a toujours eu un inſtant où l'eau, qu'on y avoit fait entrer avec

(32) *Muſchenbroek Tentam.* p. 65.

violence, à été ſans réſiſtance, & ſi elle étoit en même tems élaſtique, cette élaſticité elle-même devoit dans le moment la faire jaillir hors de ce trou, quelque petit qu'il pût être. Ainſi je ne vois point qu'il ait pu y en reſter plus que ce qu'il falloit, pour remplir exactement le vaſe, à moins qu'on ne doive étendre l'effet de la ſéringue qu'à la ſeconde expérience, comme en effet les paroles du texte ſemblent l'indiquer. Quoi qu'il en ſoit, *Boyle* fit de façon au moins par ſes précautions que la boule fut remplie auſſi exactement qu'il étoit poſſible, & que par la ſuction il reſta peu d'air. Si on accorde ceci, il paroît que l'expérience a paſſablement répondu à ſon deſſein ; car en martelant la boule, l'eau à été effectivement réduite dans un moindre eſpace. Pour ce qui regarde l'élaſticité de l'étain, j'y ai peu de confiance ; car, quoique chaque métal ait un certain degré d'élaſticité, je ne puis que répéter ce que j'ai déjà dit en parlant de l'expérience de *Bacon*, où il n'étoit queſtion que d'une boule de plomb moins élaſtique que celle de *Boyle*. Mais, en concédant le tout, l'objection ſe réſout en faveur de *Bacon* & de *Boyle* ; car pourquoi le même phénomène n'arriva-t-il pas dans des expériences ſemblables de *Muſchenbroek* & d'autres ? Celle de *Boyle* ne me paroît pas du moins abſolument à rejeter, la ſuction de l'air la rendant plus préciſe que celle de *Bacon*.

Honoré Fabry.

Je ne saurois dire pécisément combien ce mathématicien François, qui a vécu jusqu'à la fin du dix-septième siècle, a fait d'expériences sur la compressibilité de l'eau; je n'ai jamais pu voir sa physique, que l'on dit être divisée en cinq volumes. *Muschenbroek* (33) en parle *Tractat.* 5. *Phys. lib.* 2. *de elementis. Prop.* 217, pour prouver que *Fabry* a fait, avec une boule de plomb, une expérience pareille à celle de *Boyle.* J'ignore le quel des deux a précédé l'autre, quoiqu'il me semble que ce soit Boyle. L'essentiel ici c'est que cette expérience ait réussi à *Fabry*, qui en conséquence a défendu l'élasticité de l'eau contre *Magiotti* avec beaucoup de chaleur. *Muschenbroek* se défie de la précision de cette expérience de *Fabry.* Je ne saurois rien dire là-dessus, ne connoissant point l'auteur.

Jean Batiste du Hamel.

Je place avec raison celui-ci & le suivant avant l'Académie de Florence; car les oeuvres de du Hamel étoient déja munies du privilége du Roi (34) en 1658; mais son expérience, qui apartient ici, n'a

(33) *Muschenbr. Tentam.* p. 66.

(34) Extrait du privilége du Roi, à la dernière page du livre *da consensu vet. & nov. Philos. Rothamagi* 1675. 8vo.

paru que dans le livre, *de consensu veteris & novæ philosophiæ*, qui n'a été imprimé, pour la premiere fois, qu'en 1675. Eu égard à cela les *Florentins* devroient être placés avant lui; mais *du Hamel* ne parle aucunement d'eux, & d'ailleurs je n'ai point voulu partager cet auteur.

Du Hamel est dans sa physique générale entièrement du sentiment que l'eau peut être comprimée „ (*Physic. gen. tract. prim. Cap. IV. p.* 91. „ *T. I.* 1682. *de l'édition contrefaite de Nuremberg*)." Il allègue l'expérience de *Fabry*, comme une preuve de cette qualité de l'eau. Cependant, dans son livre, *de Consensu vet. & nov. Philos. Lib. III. Cap. IV. pag.* 433, de l'édition ci-dessus (ou pag. 740. de la 2de part. de ses ouvrages, édit. contref. de Nuremberg) il rapporte l'expérience suivante contre la compressibilité de l'eau. „ *Imple* „ *tubum ferreum aqua, & embolum vel cochleam* „ *impone, hanc intra tubum adiges numquam*". Ce sont les propres paroles de *du Hamel* qui sont plus amplement paraphrasées dans *Muschenbroek*; (35) car ce dernier dit que, quand on remplit exactement un tuyau de fer ou de cuivre, & qu'on tâche d'y introduire un piston, il ne peut y entrer tant soit peu, parce que l'eau résiste avec une force presque infinie, „ *resistente viribus fere infi-*

(35) *Tentam. pag.* 67.

„ *nitis aqua*". On verra ci-après jusqu'où cette assertion est fondée, quand on fait l'expérience avec des forces suffisantes & des instrumens travaillés avec la derniere exactitude.

Guillaume de Stair, conseiller d'état sous *Charles Second*, publia une physique en 1681; elle parut en Latin en Hollande, en 1686, sous le titre suivant: „*Physiologia nova experimentalis*, *in qua* „ *generales notiones* Aristotelis, Epicuri, *&* Car- „ tesii *supplentur &c. Lugd. Batav.* 1686. 4*to*". Il admet ici, à la page 369, que l'eau est effectivement élastique, & que cette élasticité vient d'un Ether contenu dans l'eau; qu'elle est par conséquent moins élastique que l'air qui contient plus d'Ether.

Il allègue une expérience de *du Hamel* que je n'ai pu trouver nulle part dans ses ouvrages. *Du Hamel* doit y parler d'une boule d'or, qui, après avoir été remplie d'eau, n'a jamais pu être applatie. Il se peut que je n'aie pas remarqué cette expérience, quoique je les aie lus avec beaucoup d'attention. Mais il n'en fait aucune mention dans sa physique, ni dans le traité ci-dessus; c'étoit pourtant le lieu d'en parler. *Boerhave* (36) allègue aussi cette expérience de *du Hamel*, mais dans les mêmes termes que *Stair*, qu'il cite aussi un peu auparavant, sans désigner l'endroit où cette

(36) *Boerhave Elem. Chymiæ*, T. I. p. 563.

expérience ſe trouve dans les ouvrages de *du Hamel.*

COLBERT.

JE ne connois ce ſavant que par *Stair* & *Boerhave*, & il paroît que ce dernier n'a fait que copier le premier. Ainſi je ne garantis point que ce ſoit ici ſa place, ſelon l'ordre chronologique. Il a écrit une phyſique générale. Selon le témoignage de *Stair* & de *Boerhave*, on trouve dans le IVme Chap. du Ier. Livre, une expérience faite avec une boule de plomb, qui eſt exactement la même que celle de *Boyle*, & qui a prouvé la compreſſibilité de l'eau avec la même réuſſite. Je n'ai d'ailleurs trouvé nulle part aucune nouvelle de ce *Colbert.* Peut-être que l'expérience de *Colbert* appartient à *Fabry*, ou que celle de *Fabry* appartient à *Colbert.* Je dois remarquer ici, que les expériences des trois derniers, de *Fabry*, de *du Hamel* & de *Colbert*, doivent avoir été faites en même tems, ou à-peu-près, que les ſuivantes, qui ſont plus importantes & plus exactes; mais je ne ſaurois abſolument le décider.

L'Académie del Cimento de Florence.

JE paſſe ici aux expériences qui, ſelon *Muſchenbroek*, *Boerhave*, & *Spallanzani*, prouvent évi-

demment que l'eau ne fauroit être comprimée par aucune force humaine, & n'a aucun degré vifible d'élafticité. Ces expériences n'ayant été, autant que je puis favoir, jamais publiées *complettement* en François, ou dans aucune phyfique ; car la plus grande partie des phyficiens, p. ex. *Wolff*, *Hamberger*, *Moliere*, *Krüger*, *Nollet*, *Winkler*, *Martins*, *Sauri*, *Eberhard* & *Erxleben*, n'en ont indiqué prefque que le réfultat, je les place ici, à caufe de leur réputation, dans toute leur étendue, & j'y ai joint pour cette raifon les figures néceffaires. L'ouvrage dans lequel l'Académie fit le récit de fes remarquables expériences, parut pour la premiere fois en 1661, fous le titre fuivant : „ *Saggi di naturali efperienze, fatte nel* „ *Academia del Cimento, fotto la protezzione* „ *dell Sereniffime Principe Leopoldo di Tofcana*, „ *e defcritte dal Segretario di effa Academia in* „ *Firenze*, *in folio*". Ainfi ces expériences avoient été faites avant cette époque, & peut-être dans le même tems que celle de *Boyle*, quoiqu'il paroiffe certain que *Boyle* n'en avoit alors encore aucune connoiffance. Il en parut enfuite une nouvelle édition en 1691, & c'eft celle dont je me fers. Elle eft auffi fuperbement imprimée que la premiere ; &, pour épargner au lecteur de tourner les feuillets, on a fouvent répété par furabondance les eftampes à chaque feuillet. Le Secrétaire

G. F. Cecchi a ſigné ſon nom dans celle-ci au bas de l'épître dédicatoire. Il ne paroît pas que l'on ait fait de changement ultérieur dans cette édition; car, dans ce que j'en ai collationné avec la traduction que *Muſchenbroek* à faite de la première, elles ſe rencontrent par-tout enſemble. Je vais rapporter les propres termes des auteurs, & je n'en donnerai point de traduction littérale; mais, en faveur de quelques lecteurs, j'en indiquerai le contenu en peu de mots & exactement.

Eſperienze intorno alla compreſſione dell' acqua, pag. 197.

Prima eſperienza, Tab. I. Fig. I.

„ *Sieno all' eſtremità de' due cannelli di criſ-*
„ *tallo* AB, AC, *due palle parimente di criſ-*
„ *tallo, l'una maggiore dell' altra. Empianſi*
„ *ambedue queſti vaſi d'acqua comune ſino in*
„ D & E, *ed anneſtandogli inſieme alla lucerna,*
„ *s'avverta a laſciar libero nella ſaldatura il*
„ *paſſaggio all'aria, e a tirar più lungo che ſia*
„ *poſſibile il beccuccio* AF, *il quale ſi laſci aper-*
„ *to. Di poi s'applichino a tutt' e due le palle*
„ *due bicchieri pieni di ghiaccio ſminuzato, in*
„ *cui rimangono ſepolte, perchè riſtrignendoſi*
„ *l'acqua, entri nel vano del cannello quella più*
„ *aria, che ſia poſſibile. Anzi per meglio cari-*

„ *carnelo, ſi vada per un pezzo ſtroſinando eſte-*
„ *riormente con pezzuoli di ghiaccio tutto il ſifo-*
„ *ne* DE, *acciocchè riſtrignendoſi di man in*
„ *mano per opera del freddo l'aria che r'entra*
„ *dall' orifizio* F *ne venga ſucceſſivamente della*
„ *nuova, ſicchè ſigillandolo poi alla fiamma, vi*
„ *rimanga ſtivata, e ſtretta. Sigillato ch'ei ſa-*
„ *rà, ſi cavi di ſorto 'l ghiaccio la palla* B, *e*
„ *temperatala prima nell' acqua tiepida, ſi tuffi*
„ *nella calda, e da ultimo nella bollente, ſegui-*
„ *tando però a tener ſempre immerſa la palla* C
„ *nel ghiaccio, per trattener l'acqua di eſſa in*
„ *iſtato di maſſimo riſtrignimento. Sia queſto nel*
„ *punto* E, *oltre il quale chercherà di compri-*
„ *merla il cilindro d'aria* GE, *ridotto all'eſtre-*
„ *ma denſità dalla forza dell' acqua ſormontata*
„ *in* G, *per la rare. Fazione operata in lei dal*
„ *calor dell' acqua, che ſi ſuppone bollire attual-*
„ *mente intorno alla palla* B. *Ora ſe l'acqua*
„ *patiſce compreſſione, doverà cedere di qualche*
„ *grado al cilindro d'aria premente, abbaſſan-*
„ *doſi ſotto il punto* E; *Ma a noi e ſucceduto al-*
„ *trimente, perche quando l'acqua in* E, *è ſtata*
„ *veramente ridotta allo ſtato del ſuo maſſimo*
„ *riſtrignimento, la forza dell' aria* GE *pre-*
„ *mente non à guadagnato nulla; e innanzi à*
„ *fatto crepar il fondo della palla* C, *che retira-*
„ *re un pelo il livello* E. E *quando per accreſcer*

„ *maggior fermezza allo ſtrumento, abbiamo*
„ *fatte le due palle di rame, nondimeno l'acqua*
„ *della palla* C *a retto tralla ſaldezza del metal-*
„ *lo, e 'l momento della forza premente con in-*
„ *ſuperabile reſiſtenza in* E, *facendo più toſto*
„ *ſcoppiare il ſifone, il quale, per iſcoprire gl'in-*
„ *terni movimenti dell' acqua, non ſi può far*
„ *d'altro che di criſtallo, e s'anneſta perfetta-*
„ *mente al rame col maſtice, o colla ſolita meſ-*
„ *tura a fuoco.*

Seconda eſperienza, Tab. I. Fig. 2.

„ *Sia un vaſo di vetro come* AB, *di tenuta*
„ *intorno a ſei libbre d'acqua, e capace nella*
„ *ſua bocca d'una canna di criſtallo rinforzata*
„ *eſteriormente con una faſciatura di piombo ſer-*
„ *ratale ſquiſitamente all' intorno, per difender-*
„ *la dallo ſcoppiare. Empiaſi d'acqua il vaſo*
„ *fino al livello* CD, *ed immerſavi la canna*
„ EF *aperta ſotto, e ſopra, ſi ſaldi nella bocca*
„ A *col ſolito ſtucco, avvertendo a fermarvela*
„ *alquanto ſollevata dal fondo* FB, *onde un li-*
„ *quore, che in lei ſi verſi, poſſa liberamente*
„ *ſcolar nel vaſo. Allora ſi cominci a meſcere*
„ *argento vivo giù per la canna, per la quale*
„ *derivando nel vaſo ſi leverà l'acqua in capo,*
„ *& ſollevandola (poichè l'aria* AD *à l'eſito*

„ *pe 'l beccuccio* CH) *empirà interamente il*
„ *vaſo tutto, facendola ſpillare per l'orifizio* H,
„ *il qual ſerriſi allora colla fiamma, notando*
„ *nell' iſteſſo tempo a qual grado ſia pervenuto*
„ *l'argento col ſuo livello* IK. *Infondaſi poi nuo-*
„ *vo argento vivo ſi finiſca d'empier la canna;*
„ *che ſe l'acqua per cotal forza vorrà compri-*
„ *merſi, di man in mano che l'altezza va creſ-*
„ *cendo, ſi vedrà ſollevare il livello* IK, *cedendo*
„ *l'acqua per la compreſſione. Noi per un ca-*
„ *rico d'ottanta libbre d'argento diſteſe in brac-*
„ *cia quattro di canna, (che tanto ne potè por-*
„ *tare il noſtro ſtrumento ſenza fiaccarſi) non*
„ *abbiam reduto acquiſtar al livello* IK *dell'*
„ *argento quant' è un capello, reſiſtendo l'acqua*
„ *oſtinatamente all energia di quel gran mo-*
„ *mento.*

Terza eſperienza, Tab. I. Fig. 3.

„ *Facemmo lavorar di getto une grande, ma*
„ *ſottil palla d'argento, e quella ripiena d'ac-*
„ *qua raffreddata col ghiaccio ſerramo con ſal-*
„ *diſſima vite. Di poi cominciammo a martel-*
„ *larla legiermente per ogni verſo onde ammacuto*
„ *l'argento (il quale per la ſua crudezza non*
„ *comporta d'aſſottigliarſi, e diſtenderſi, come fa-*
„ *rebbe l'oro raffinato, o il piombo, o altro me-*

„ *tallo più dolce) veniva a restrignersi, e scemare la sua interna capacità, senza che l'acqua patisse una minima compressione, poichè ad ogni colpo si vedea trasudare per tutti i pori del metallo a guisa d'argento vivo, il quale da alcuna pelle premuto minutamente sprizzasse.*

„ *Ecco quanto da queste tre esperienze abbiamo saputo raccorre. Se poi replicate le medesime dentro a' vasi di maggior resistenza, e se crescendo nella prima la rarefazione dell' acqua, & si la premente forza dell' aria; nella seconda l'altezza del cilindro dell' argento vivo, e nell' ultima facendo successivamenie più, e più ricca d'argento la grossezza della palla, s'arrivasse una volta a comprimer l'acqua, ciò non possiam noi dire. Questo è infallibile, che l'acqua in paragone dell' aria resiste, per così dire, per infinite volte più alla compressione, il che conferma ciò, che s'è detto da principio, che quantunque l'esperienza non giunga sempre all' ultimà verità ricercata, vuol l'en dir cattivo, che alcun piccolo lume non ne dimostri."*

Voici donc en peu de mots la premiere expérience: Deux tuyaux de verre, pourvus chacun d'une boule *B* & *C*, Pl. I. *Fig.* 1. dont *C* étoit moins grande que l'autre, furent remplis d'eau jusqu'à *D* & *E*, & soudés au bout supérieur, sans cependant faire tort à l'ouverture intérieure ou au

creux des tuyaux. Pour y donner entrée à l'air on y ajouta une pointe vuide *AF*. On plaça, pour faire concentrer l'eau & l'air, & faire entrer par ce moyen le plus d'air possible par a pointe *AF*, non-seulement les deux boules dans de la glace, mais on en frotta même les tuyaux. On scéla ensuite le tuyau *AF*; on fit sortir la grande boule *B* de la glace, & on la plongea premièrement dans de l'eau tiède, ensuite dans une eau plus chaude, & enfin dans de l'eau bouillante; tandis que la boule *C* resta dans la glace, afin de retenir l'eau qu'elle contenoit dans la plus grande condensation. Ainsi l'eau de la boule *C* s'arrêtant à *E*, il falloit que les vapeurs de l'eau bouillante dans la boule *B* s'étendissent avec violence, pour la comprimer au-dessous d'*E* vers *C*. Mais cela n'arriva point, car la pression rompit plutôt le fond de la boule *C*, & lorsqu'on joignit, de la même façon, deux boules de cuivre à un tuyau de verre, la violence des vapeurs força l'eau de la boule *C* à s'échapper par la soudure & creva enfin le tuyau de verre.

Muschenbroek (37) fixe, d'après des mesures qu'il admet pour ces tuyaux, à cent dix-huit livres la force avec laquelle les vapeurs ont agi contre les parois du tuyau de verre. Mais il est évident qu'ici la résistance de l'eau a été bien plus grande;

(37) *Tentam.* p. 63.

car, qu'on admette un tuyau auſſi mince que poſſible, la figure même de la boule qui ſe trouve dans l'édition originale des expériences de Florence prouve toujours que le diamètre en a été au-delà d'un demi-pouce, & alors la maſſe d'eau *CE* devoit agir en raiſon de ſa baſe & de ſa hauteur, comme il eſt connu par l'hydroſtatique. Mais alors la force mentionnée qui ſuffiroit pour rompre le tuyau de verre, ne ſeroit pas à beaucoup prés aſſez grande pour amoindrir tant ſoit peu viſiblement la maſſe d'eau. Les inſtrumens ſoudés cèdent en général comme ici, à l'endroit de la ſoudure. Mais quand même l'eau auroit cédé de fort peu, on n'auroit pu le remarquer à *E* dans le tuyau, car la parallaxe trompe aiſément. Il étoit de même très-poſſible, que par la compreſſion la boule *C* ſouffrant une légère extenſion, l'eau deſcendît alors de *E* vers *C*, mais à la vérité par des raiſons très-différentes.

On ne ſauroit auſſi dans le total employer aucun calcul ni déterminer les forces, parce que les Florentins eux-mêmes n'ont rien déterminé. On voit cependant toujours, que la force de la réſiſtance de l'eau a été beaucoup plus grande qu'on ne pouvoit l'attendre de ſa denſité en proportion avec l'air.

Dans la ſeconde expérience, Pl. I. *Fig.* 2., on remplit d'eau juſqu'à *CD*, le verre *AB*, &

l'on y inféra un long tuyau ouvert & affermi par une plaque de plomb qui bouchoit exactement l'ouverture *A*: on verfa par le tuyau qui alloit prefque jufqu'au fond du vafe une maffe confidérable de mercure, qui fe plaça d'abord fous l'eau & chaffa beaucoup d'air par la pointe de verre *H*, qu'on avoit laiffée ouverte à deffein, & qui fut fermée après. On continua de verfer du Mercure dans le tuyau jufqu'au poids de quatre-vingts livres. Cette forte preffion ne fut par même en état d'augmenter la hauteur du Mercure en *D K*, de l'épaiffeur d'un cheveu, ou de comprimer d'autant la colonne d'eau *I K A*.

Le vafe contenant fix livres d'eau, il eft fûr qu'il avoit au moins (quoique fa hauteur ne foit point indiquée) un demi-pouce de diamètre. Mais nos expériences avec la machine de Mr. *Abich*, montreront bientôt combien il faut de force pour comprimer vifiblement une pareille colonne d'eau. Suivant cette expérience, & même celle de *Canton*, quatre-vingts livres ne font rien contre la réfiftance de l'eau. Il paroît auffi que le cylindre *I K* a eu un diamètre beaucoup trop grand pour qu'on y ait pu remarquer une très-légère compreffion ou rehauffement de l'eau.

La troifième expérience eft la plus connue. (Pl. I. *Fig.* 3.) On remplit une grande boule d'argent de fonte & très-mince, d'eau refroidie par

de la glace. L'ouverture ayant été fermée soigneusement, on martela la boule pour réduire l'eau dans un moindre espace; mais, au lieu de l'effet qu'on en attendoit, l'eau suinta, à chaque coup de marteau, par les pores du métal, comme le Mercure qu'on fait passer à travers un cuir.

On peut trouver à redire à plusieurs choses dans cette expérience: car, en premier lieu, le métal étant mince, il dut crever facilement; je parlerai plus amplement là-dessus quand je serai aux expériences de Mr. *Hollmann*. En second lieu, les Florentins connoissoient déjà la pompe pneumatique de *Boyle*, & s'étoient servis d'un instrument peu différent dans plusieurs de leurs autres expériences (38); ainsi ils auroient pu aisément purger l'eau de l'air qu'elle contenoit. Ce n'est pas cependant ici l'endroit où je dois montrer que cette omission n'est peut-être point aussi grave qu'on se la représente; mais ils avouent presque eux-mêmes, dans les additions, que le peu d'épaisseur de la boule d'argent a effectivement fait manquer leur expérience. On verra dans la suite quelle épaisseur le métal doit avoir, pour surmonter la vive résistance de l'eau, & alors on comprendra de soi-même, que cette boule, si mince, ne pouvoit remplir l'objet qu'on avoit en vue. Ainsi l'expérience ne prouve rien, si non que l'eau, plutôt que de se laisser compri-

mer,

(38) *Saggi*, p. 77.

mer, forma des fentes dans le métal mince, ou ſuinta, la réſiſtance étant trop foible. Je ſerai d'abord aux expériences de *Muſchenbroek*, reſſemblantes aux précédentes.

FRANÇOIS TERTIUS DE LANIS.

L'OUVRAGE intitulé *Magiſterium naturæ & artis*, *Brixiæ* 1686. *in-fol. de* DE LANIS, contient, dans *le ſecond Tome*, *p.* 176 *& ſuivantes*, beaucoup de choſes ſur la compreſſion de l'eau. Mais l'Auteur ſuppoſe toujours que la compreſſibilité de divers fluides, eſt en raiſon inverſe de leur gravité ſpécifique; de-là il calcule la hauteur du fluide pour une compreſſion donnée. Je conſidérerai dans la ſuite plus préciſément juſqu'où cela peut avoir lieu, & je n'examinerai point, à préſent en rigueur, ſon opinion ſur la façon dont ſe fait la compreſſion. Il croit que la compreſſion, principalement des fluides, ne vient pas de ce que leurs parties ſe rapprochent plus par la preſſion, mais qu'elle eſt produite en contraignant une matière très-ſubtile à s'en détacher. (Chez lui c'eſt l'éther qui eſt regardé comme entièrement incompreſſible, prop. XV. p. 177.) Mais l'expérience qu'il fait paſſer comme une importante correction de celles des Florentins, pag. 152, appartient ici. Là voici:

Qu'on mette dans un cylindre ou tuyau de verre *AB*, (Pl. III. *Fig.* 5.), une ou plusieurs boules de verre, dont la gravité spécifique soit égale à celle de l'eau, ou la surpasse de très-peu. Elles nageront dans l'eau, ou iront à fond avec peu de force & lentement. Qu'on ferme l'ouverture du cylindre *A*, avec une vessie, & qu'on presse alors, avec force, du pouce contre la vessie. L'eau sera comprimée par cette pression, & par-là spécifiquement plus pesante. Les boules, auparavant un peu plus pesantes, étant allées à fond dans l'eau légere, doivent remonter de *B* vers *A*, l'eau étant devenue spécifiquement plus pesante par la pression. Mais ceci n'a jamais réussi à *de Lanis*, & ne réussira de cette façon à personne: car combien n'y a-t-il pas ici de fautes effectives & possibles. Le doigt est, en premier lieu, un infiniment petit contre la résistance de l'eau, ce que les expériences suivantes démontreront. Mais si le cylindre est exactement rempli, & la vessie si bien liée qu'elle ne puisse pas s'élever dans le creux de la pression autour du pouce, il ne sera point possible de donner une pression un peu considérable à la vessie, & cela à cause de la résistance de l'eau. Mais en supposant que cela se pût, ces boules minces & creuses, ne se briseroient-elles pas facilement par la pression de l'eau? Il faut encore supposer ici un hazard, pour donner le poids requis pour l'expé-

rience. Car combien l'eau acquiert-elle de gravité ſpécifique par la preſſion du pouce? D'ailleurs le vaſe même pourroit céder ou être élaſtique de l'infiniment peu, que l'infiniment petite preſſion raccourcit la colonne d'eau *A B*.

Si, comme *de Lanis* le prétend, on s'étoit ſervi de pareilles boules dans les tuyaux des expériences de Florence, il en ſeroit à la vérité réſulté une utilité réelle ; mais elles ſe ſeroient facilement briſées, & n'auroient alors été d'aucune utilité.

Je me ſouviens d'avoir vu, chez un faiſeur de Baromètre Italien, une ſorte de ſoi-diſans thermomètres; c'étoient des bouteilles de verre cachetées, remplies d'eau, dans laquelle nageoient de petites boules de verre creuſes. Ces boules s'élevoient ou s'abaiſſoient ſelon que la bouteille devenoit chaude ou froide; ſans doute parce que des bulles d'air s'attachoient aux boules & les faiſoient monter. C'étoit dans le fond peu de choſe; mais on pourroit y trouver quelqu'affinité avec l'expérience de *de Lanis*.

George Erard Hamberger.

L'expérience ſuivante, qui appartient à notre queſtion, ſe trouve dans ſa phyſique (39) édition de 1727. p. 171. Qu'on rempliſſe d'eau de-

(39) *G. E. Hambergeri Elementa phyſices, Jenæ* 1727. 8°.

puis *D* jusqu'à *C*, le tuyau *ABC*, fermé en *C*, (Pl. III. *Fig.* 5.) & de mercure depuis *A* jusqu'en *D*, qui est de niveau avec *B*, il n'entrera point de mercure dans le bras *DC*. Comme on peut faire la partie *ABD* du tuyau d'une longueur arbitraire, & que la gravité spécifique du mercure est à celle de l'eau comme de 1 à 14, la pression du mercure contre l'eau peut être très-considérable, & par conséquent la résistance de celle-ci, fort grande. Je rapporterai plus bas une expérience pareille de l'Abbé *Nollet*; & alors je chercherai à déterminer la force de cette pression. Je suis étonné que *Hamberger* n'en ait point donné de détermination exacte. Il est à présumer qu'il l'aura fait dans ses leçons mêmes.

Pierre Muschenbroek.

Les expériences que cet excellent physicien a faites sur la compressibilité de l'eau, se trouvent séparément dans ses additions à la traduction des expériences des Académiciens de Florence. Cette traduction n'a paru à la vérité qu'en 1731 (40); mais *Muschenbroek* disant à la page 69. qu'il a montré diverses fois ses expériences à ses auditeurs à Utrecht, il faut bien qu'elles soient à peu près du même tems que celles de *Hamberger*. Il fai-

(40) *Tentamina experimentor. naturalium*, *Lugd.* 1731.

ſoit ſes expériences avec l'exactitude la plus ſcrupuleuſe, de ſorte que ſon témoignage doit être de grande autorité.

Ses expériences reſſemblent à celles de *Bacon*: deux boules, l'une d'étain & l'autre de plomb, dont le diamètre étoit de trois pouces, & l'épaiſſeur du métal de trois dixièmes de pouce, avoient d'un côté un tuyau de métal avec une petite ouverture. *Muſchenbroek* les rempliſſoit très-exactement d'eau, purgée d'air par la pompe pneumatique, & rendue conſidérablement froide. Enſuite on faiſoit entrer à force un bouchon d'étain ou de plomb, par le moyen duquel le tout reſtoit, auſſi exactement qu'il étoit poſſible, privé d'air & rempli d'eau. Après que ceci avoit été fait avec toute la précaution imaginable, on ſoudoit l'ouverture & on mettoit les boules ſous une forte preſſe, qu'on comprimoit par le moyen d'une vis & d'un long levier. La boule qui, étant vuide, n'avoit fait paroître qu'une réſiſtance médiocre, réſiſta, d'une façon étonnante, étant remplie; mais, lorſque la moindre compreſſion eut lieu par le moyen du levier, l'eau ſuinta comme une roſée à travers les pores du métal, & cela d'autant plus fort, que la boule fut plus comprimée. Le même effet eut lieu à chaque répétition de l'expérience.

Muſchenbroek en conclut que l'eau ne peut être comprimée par aucune force humaine. Il y

auroit de l'injuſtice de douter de l'exactitude des expériences; mais l'objection que le métal étoit trop foible pour réſiſter à la réaction de l'eau, eſt conſidérable. Elle porte d'autant plus coup, que dans une expérience, entrepriſe avec l'inſtrument de Mr. *Abich*, il arriva que la force de l'eau perça ou creva un cylindre de laiton d'un demi-pouce d'épaiſſeur. La réſiſtance des boules de *Muſchenbroek* eſt peu de choſe vis-à-vis de celle-ci, & voilà la raiſon principale qui a empêché que ſes expériences n'aient réuſſi.

J. A. NOLLET.

L'Abbé *Nollet* donnoit déjà des leçons de Phyſique expérimentale en 1733, & peut-être même deux ou trois ans auparavant. La première édition de ſon livre, ſous le titre de *Leçons expérimentales de phyſique*, ne parut cependant qu'en 1743; ce qui fait que je ne ſaurois déterminer préciſément, ſi l'expérience ſuivante a été entrepriſe dans le tems de ſes premières leçons. Quoi qu'il en ſoit, il eſt probable qu'il l'a faite d'après la connoiſſance qu'il avoit de celle de *Hamberger*; mais, comme il ne fait aucune mention de ce ſavant Allemand, il ſe peut auſſi très-bien que, dans l'ignorance où étoient alors, & où ſont encore en partie les François, des ouvrages qui paroiſſent en Allemagne,

Nollet n'ait point connu *Hamberger*, & ſe ſoit par un pur hazard rencontré avec lui dans les mêmes voies. L'expérience de *Nollet* (41) eſt égale en tout à celle de *Hamberger*; il indique ſeulement avec plus de préciſion, la façon dont il s'y eſt pris. (PL. III. *Fig.* 5.) Le dedans ou le vuide de ſon tuyau, qui étoit d'un verre très-épais, avoit trois lignes de diamètre, & il étoit long de ſept pieds. Il y fit premièrement entrer du mercure, qui remplit la courbure près de *B*. Enſuite il verſa par *C*, (car au commencement le tuyau étoit ouvert aux deux bouts *C* & *A*) de l'eau ſur le mercure, & lorſque cette partie du tuyau fut ſoigneuſement remplie d'eau, on ſouda l'ouverture *C*. Il continua enſuite de verſer du mercure par *A*, juſqu'à la hauteur de ſept pieds. La petite colonne d'eau *D C*, réſiſta avec tant d'énergie à la preſſion de la colonne de mercure, qu'on ne put remarquer aucune diminution ſenſible à ſa hauteur.

Nollet fixe la hauteur de la colonne de mercure, qui agiſſoit ici contre l'eau, à ſix pieds dix pouces, ou à quatre-vingts pouces de hauteur de baromètre, ce qui eſt preſque le triple de la preſſion de l'atmoſphère.

Canton prétend avoir trouvé, comme nous le remarquerons plus bas, que le double de la preſſion de l'atmoſphère comprime l'eau d' $\frac{1}{10870}$ de

(41) Leçons de Phyſiq. expérim. T. I. p. 122.

ſon eſpace. Ainſi la compreſſion étant proportionnée au poids qu'elle portoit, il n'étoit guère poſſible à *Nollet* de remarquer cette légère compreſſion, même avec ce triple poids, ſans avoir des diviſions extrêmement fines à ſon tuyau. Auſſi ne dit-il que très-vaguement, *l'eau ne diminua pas ſenſiblement.* Il en a été apparemment de même chez *Hamberger*; & on ne ſauroit, pour cette raiſon, porter un jugement précis de cette expérience.

Je crois cependant que la méthode de *Hamberger* & de *Nollet*, eſt celle dont on peut le mieux ſe ſervir, dès qu'on eſt en état d'avoir des tuyaux aſſez forts pour réſiſter abſolument à la preſſion vers *C*, auſſi bien qu'aux preſſions latérales; mais il faudroit mettre (par le moyen d'un Vernier ou *Nonius*) des diviſions très-préciſes, à la partie du tuyau qui contient l'eau.

Cette expérience eſt cependant la plus remarquable entre celles de *Nollet.* Il cite auſſi auparavant celle des Florentins, c'eſt-à-dire celle de comprimer l'eau dans une boule. Il l'a imitée preſqu'avec le même ſuccès, en avouant, cependant, que la boule a été un peu applatie avant que l'eau ait tranſpiré. Il indique en même tems dans la *Fig.* 5. Pl. II. une preſſe (42) plus commode pour ce but.

(42) Phyſique de *Nollet*, T. I. ſeconde Leçon.

SAMUEL CHRISTIAN HOLLMANN.

Mr. le Prof. *Hollmann* reçut en 1752, ou peut-être l'année d'après, de Londres, de la part de Mr. *Shaw*, premier Médecin du Roi de la grande Bretagne, une machine dont on s'étoit fervi en Angleterre, pour examiner la (43) compreſſion de l'eau. Je ne ſaurois dire quand cette machine a été inventée, ni qui en eſt l'inventeur; mais elle me paroît plus commode pour ſon objet, que le martelage, ou le ſerrement des boules pleines d'eau. Voici en peu de mots la deſcription de cette machine (Pl. I. *Fig.* 4.): *A* eſt une boule de cuivre de quatre pouces de diamètre; ſon ouverture a un écrou près d'*ik*, dans lequel on fait entrer la vis *B*. *ED* eſt un levier ou bras de fer, qui a en *ik* un trou quarré dans lequel s'ajuſte le dehors de la vis. On peut par le moyen de ce levier faire entrer la vis avec violence dans la boule. La grande vis *B*, eſt attachée à une piece de bois par les petites vis *ln*; elle peut auſſi être placée ſur une table ou l'on a pratiqué des trous, *rs*, pour la tenir ferme. Chaque fois qu'on s'en ſervoit, il falloit graiſſer la vis *B* d'un mélange de thérebentine & de cire. Mr. le Prof. *Hollmann* fit avec cette machine les expériences ſuivantes.

(43) *S. C. Hollmanni commentationum in Reg. Soc. recenſitar. Sylloge, Gottingæ* 1762. 4to. *p.* 35. *de aquæ incondenſibilitate.*

Il remplit ſoigneuſement d'eau la boule, & il fit entrer la vis *B* par le moyen du levier ou de la manivelle. Dès qu'on eut fait quelques tours, l'eau perça en jets très-ſubtils comme une fontaine, en pluſieurs endroits, par les petites ouvertures ou fentes du métal. On continua l'expérience, pour voir ſi ce ſuintement auroit lieu ſur toute la boule comme chez les Florentins; cela n'arriva point, mais la boule creva à l'endroit où elle étoit ſoudée. Le Profeſſeur ne fut ſurpris, que de ne point voir ſuinter l'eau comme une roſée ſur toute la ſuperficie de la boule. Il répéta pour cet effet l'expérience, après avoir préalablement tenu pendant quelque tems l'inſtrument dans un endroit froid. Dès que l'opération commença, il vit avec beaucoup d'étonnement la ſuperficie de la boule couverte de petites gouttes d'eau; il crut alors voir ce que les Académiciens de Florence & *Muſchenbroek* avoient vu. Mais ayant eſſuyé la boule avec un linge & fait recommencer la preſſion, l'eau perça comme la première fois par des fentes ſéparées & des crevaſſes de la boule; car il examina ces ouvertures par le moyen d'une loupe & trouva que ce n'étoient point les pores, mais des parties crevées, ou déjointes, du métal. Il eſt évident que la boule, ayant été tranſportée d'un endroit froid à un endroit chaud, ſua, c'eſt-à-dire que les vapeurs ou parties aqueuſes, qui, dans la chambre,

ſe joignirent à la boule, furent condenſées par le froid du métal, & devinrent par-là viſibles. Les fenêtres & tout corps extrêmement froid ſuent de la même façon dans un endroit chaud. Mr. *Hollmann* ſavoit cela ſans doute, & il croit que chez *Muſchenbroek* l'haleine des perſonnes préſentes aux expériences avoit produit d'une façon pareille cette bruïne apparente ſur la boule. Cela eſt très-poſſible. *Hollmann* fit enſuite faire de pareilles boules d'étain & de plomb, & réitéra l'expérience avec le même ſuccès. Enfin on prit pour cet effet une boule d'argent qui n'avoit que l'épaiſſeur de $\frac{1}{20}$ de pouce. L'eau, dans celle-ci, ne perça point par ſes pores, mais s'ouvrit avec violence un paſſage entre les vis. Mr. *Hollmann* tire les conſéquences ſuivantes de ces expériences.

1°. L'EAU elle-même, ſi elle n'eſt purgée d'air, ne paroît point ſuſceptible d'une compreſſion ſenſible. Il s'exprime moins déciſivement dans ſon *Sylloge* que dans la gazette littéraire de Goettingue de 1756, page 1156; car, dans cette dernière, il dit nettement, que l'eau eſt incompreſſible; mais il faut le juger d'après ſon *Sylloge*. 2°. L'eau preſſée ou comprimée, n'avoit point pénétré les pores du métal, mais elle avoit fait de petites ouvertures dans le métal, par leſquelles elle s'étoit échappée.

Mr. *Hollmann* s'étend beaucoup ſur ce dernier point, & il eſt ſurpris que ſes expériences ne s'ac-

cordent point avec celles de *Muſchenbroek* & de Florence. J'avoue que je ne comprends pas bien ce qu'il veut dire. Que peut-on proprement entendre par pores, ſoupiraux des métaux, ou par tel nom qu'on veuille leur donner? Le métal eſt-il un corps organiſé, de façon qu'on puiſſe y chercher rien de pareil? Et ſuppoſé qu'on admette quelque choſe de ſemblable dans le métal brut tel qu'il ſort de la mine, que trouve-t-on dans l'argent, ou dans le plomb fondu? Rien que de petites ouvertures microſcopiques, quelques endroits très-minces, que le hazard y a laiſſés. Dès qu'il ſe trouve dans une boule pluſieurs de ces petits trous, ou pluſieurs parties plus foibles, plus minces dans le métal, l'eau percera par ſa compreſſion, par ces ouvertures multipliées, ou s'en fera de nouvelles. S'il y en a un plus grand nombre dans un des côtés de la boule, ce ne ſera que par-là qu'on verra ſourdre l'eau. Cela paroît ſi naturellement dépendre du hazard de l'opération de l'ouvrier, ou plutôt de ſon marteau ou de la fonte, ou même auſſi du plus ou moins de dureté du métal, que je ne trouve en cela rien qui doive ſurprendre. Le jailliſſement de l'eau qui continua dans cette expérience, même après qu'on eut ceſſé de forcer la vis, comme Mr. *Hollmann* l'avoue lui-même, & qu'il attribue uniquement à l'air contenu dans l'eau, me paroît, ainſi qu'à d'autres, effecti-

vement une indication de quelque élasticité dans le fluide, quoique dans le fond l'air puisse y avoir contribué.

Les expériences de *Hollmann* même, paroissent prouver ce que j'ai trouvé dans celle de *Muschenbroek* & de Florence, c'est-à-dire que le métal n'étoit pas suffisamment fort pour résister à la violence de l'eau comprimée. Je m'étonne que Mr. *Hollmann* n'ait pas indiqué l'épaisseur du métal de ses boules, excepté de celles d'argent: ce point étoit très-important.

JEAN CANTON.

Les expériences de *Canton* ont été probablement faites en 1762, ou environ ce tems; ce fut du moins le 16 Dec. de cette année, qu'il en fit part à la Société royale des Sciences de Londres (44).

Il remplit en partie de mercure un tuyau de verre, au bout duquel il y avoit une boule, & plaça celle-ci, par le moyen d'un thermomètre de *Fahrenheit*, précisément au 50me degré de chaleur. On remarqua soigneusement la hauteur du mercure dans le tuyau qui se trouva de 6½ pouces au-dessus

(44) *Experiments to prove that Water is not incompressible by* John Canton, *M. A. and T. R. S. Philos. Transact.* Vol. LII. Part. II. Artic. 103. p. 641.

de la boule; on augmenta enſuite la chaleur qui fit monter le mercure jusqu'au ſommet du tuyau, & on le ſouda ſur le champ. La chaleur de l'eau ayant diminué enſuite peu à peu jusqu'à 50 degrés, le mercure ſe trouva plus haut de 0, 32, qu'auparavant, lorſque le tuyau étoit ouvert. La même boule & le tuyau furent enſuite remplis d'eau purgée d'air par la pompe. L'eau, dans la même chaleur de 50 degrés du Thermomètre de *Fahrenheit*, ſe trouva, le tuyau étant ouvert, environ de 6 pouces au-deſſus de la boule. Par l'augmentation de chaleur de l'eau extérieure, l'eau du tuyau monta jusqu'au ſommet, qui fut d'abord ſoudé. La chaleur ayant enſuite diminué jusqu'à 50 degrés, l'eau ſe trouva dans le tuyau à 0, 43 plus haut qu'auparavant. La preſſion de l'atmoſphère ſur la ſurface de la boule, lorſque le tuyau fut ſoudé, étant naturellement égale pour l'eau & pour le mercure (à peu près de 73 livres) la boule doit avoir été un peu comprimée, & par conſéquent le fluide un peu forcé de monter. Le tuyau étant auſſi ſoudé, il faut, ſelon Mr. *Canton*, que l'eau, qui eſt à 0, 11 d'un pouce plus haut que le mercure, ſe dilate plus que celui-ci, quand l'atmoſphère ceſſe de peſer ſur l'un & l'autre.

Pour déterminer ainſi plus préciſement, de combien l'eau eſt comprimée par la preſſion de l'atmoſphere, il prit un tuyau de 0, 01 de diamètre, long

de 4,2 de pouce, qui aboutiſſoit à une boule de 1,6 de pouce de diamètre. Il la remplit de mercure qu'il peſa exactement, & trouva qu'une partie du tuyau qui étoit de 0,23 de pouce de long, contenoit juſtement la cent millieme partie du mercure de la boule. Il diviſa le tuyau avec une lime ſelon cette proportion. Alors il remplit le tuyau & la boule juſqu'à une certaine hauteur, d'eau purgée d'air, laiſſa le tuyau ouvert, & mit la boule tantôt ſous un récipient dans un eſpace vuide d'air, tantôt ſous une pompe de compreſſion dans de l'air comprimé, & au moyen de ces diviſions il lui fut poſſible de remarquer, dans chaque cas, de combien l'eau, ou la colonne d'eau du tuyau, s'élevoit, s'étendoit, ou étoit comprimée par la preſſion de l'air condenſé. Il trouva de cette façon, par des eſſais réitérés, qu'une preſſion auſſi forte que le double du poids de l'atmoſphère, comprimoit l'eau de $\frac{1}{10870}$ de ſon volume.

Pour voir ſi l'air contenu dans l'eau, opéroit principalement cette compreſſion, il introduiſit une bulle d'air de 0,6 de pouce de diamètre dans la boule, & en quatre jours elle fut abſorbée par l'eau. Mais l'eau ne put après cela être comprimée par le poids de l'atmoſphere plus qu'elle ne l'étoit avant que cet air y fût introduit; ce qui cependant auroit dû arriver, ſi l'air étoit la cauſe de la compreſſibilité.

Mr. *Canton* poussa depuis ses recherches plus loin, & en fit deux ans après, de nouveau, son rapport à la société des sciences (45). Il avoit trouvé depuis par ses expériences que l'eau a la qualité singulière d'être plus compressible en hiver qu'en été; ce qui est justement le contraire avec l'esprit de vin & l'huile d'olive.

QUAND le thermomètre de *Fahrenheit* marquoit 34 degrés, l'eau étoit comprimée de 0,000060 de sa capacité; si au contraire le thermomètre marquoit le 64e. degré, le poids de l'atmosphère ne comprimoit l'eau que de 0,000044, & l'esprit de vin de 0,000071. *Canton* examina de la même façon divers autres fluides à la hauteur de 29½ pouces du baromètre, & au 50e. degré du Thermomètre de *Fahrenheit*, & trouva les compressions suivantes par le poids de l'atmosphère.

L'ESPRIT de vin fut comprimé de	0,000066,
L'HUILE d'olive	0,000048,
L'EAU de pluie.	0,000046,
L'EAU de mer.	0,000040,
LE mercure	0,000003,

LES

(45) Philosoph. Transact. Vol. LIV. for the year 1764 artic. 47. p. 261. On trouve celle-ci ainsi que les premières lectures de Canton traduites ensemble en François dans le journal économique de Décembre 1764, & pour les Allemands dans le nouveau magazin de Hambourg, p. 70. page 360 & suiv.

Les gravités ſpécifiques de ces fluides ſont.

L'ESPRIT de vin	836,
L'HUILE d'olive	918,
L'EAU de pluie	1000,
L'EAU de mer	1028,
LE mercure	13595.

ainſi les compreſſions de ces fluides ne ſont point, comme on l'auroit pu ſupçonner, en raiſon inverſe de leur denſité, ou gravité ſpécifique.

CES fluides ſont non-ſeulement compreſſibles; ils ſont auſſi élaſtiques; car, à meſure que *Canton* écartoit ou rendoit le poids de l'atmoſphère, ils s'étendoient ou ſe rétréciſſoient. Il conclut ainſi de-là que cette élaſticité n'eſt pas produite par l'air que peuvent contenir ces fluides, parce qu'à chaque admiſſion ou privation de la compreſſion de l'atmoſphère, leur dilatation fut toujours égale; au lieu que l'air s'étend deux fois plus, quand on ôte la moitié du poids de l'atmoſphère, qu'il ne ſe comprime, quand on admet de nouveau tout ſon poids (46).

Mr. *Canton* en tire les conſéquences ſuivantes. Le poids de 32½ pieds *d'eau de mer* eſt égal *au poids moyen* de l'atmoſphère; &, ſelon les expériences faites juſqu'à préſent, chaque poids accédant, égal à celui de l'atmoſphère, comprime une quantité

(46) Philoſ. Transact. Vol. LIV. p. 261.

d'eau de mer de $\frac{4}{100000}$. Si ceci a toujours lieu, il faut que dans les endroits où la mer a 2 milles de profondeur, elle soit comprimée par son propre poids de 69 pieds 2 pouces, & l'eau qui est au fond, de $\frac{13}{1000}$. (47).

Le mille Anglois $= \frac{1}{69}$ de degré, $= 826$ toises, $= 6.826$ pieds de Paris. Ainsi deux milles d'Anglet. $= 12.826$ pieds de Paris. Le pied de Paris : au pied d'Anglet. $= 1440 : 1351$. ainsi 2 milles d'Anglet. $= 10572,8$ pieds d'Anglet. donc, $\frac{10572}{32,5} \times 0,00004$, seroit la compression au fond de la mer à deux milles de profondeur, ou

$$
\begin{array}{ll}
 & \log. 10572,8 = 4,0241902. \\
\text{Comp. log.} & 32,5 = 8,4881166. \\
 & \log. 0,00004 = -5,6020600. \\
\hline
 & -2,1143668 = \log. 0,013013.
\end{array}
$$

Mr. *Canton* partage ici la mer dans sa hauteur en parties égales de 32,5 pieds. Il admet que chacune de ces couches est de même densité, (ce qui n'est pas exactement vrai), il y auroit ainsi $\frac{10572,8}{32,5} = 325,32$ de ces couches, & elles devroient peser 325,32 fois 32,5 pieds; mais les plus basses contenant toujours de l'eau plus comprimée, la compression seroit effectivement plus forte que celle qui est donnée.

(47) Ibidem.

On pourroit trouver de la façon ſuivante la quantité dont la mer auroit été abaiſſée par la compreſſion. Si une colonne d'eau, avant d'être comprimée par ſon poids, eſt compoſée de 12 parties ou couches égales, chacune de la hauteur C; dès qu'elles ſe compriment, elles reçoivent les hauteurs ſuivantes:

La couche ſupérieure $= c$
. . la 2me . . . $= c. \left(1 - \frac{1}{r}\right)$
. . la 3me . . . $= c. \left(1 - \frac{2}{r}\right)$
. . n. couche . . $= c. \left(1 - \frac{(n-1)}{r}\right)$

Ainſi la ſomme, ou leurs hauteurs priſes enſemble

$= nc - \frac{n.(n-1)}{2r}. c = a$; ainſi

$n^2 - (2r - 1). n = - \frac{2ra}{c}$

a ſeroit ici $= 10572, 8$
r . . . $= 400000$
n . . . $= 325, 32$
c . . . $= 32, 5$

r donc auroit toujours une valeur très-grande en comparaiſon de n; ainſi, ſans erreur remarquable,

$n = r \mp \sqrt{r^2 - \frac{2ra}{c}}$, la racine de $r^2 - 2a$

eſt preſque $= r - \frac{a}{c}$, ainſi

$n = r - r + \frac{a}{c} = \frac{a}{c} = 325,32$

puis $\frac{n.\ n-1}{2r}.\ c = \frac{n.\ n-1}{r}.\ \frac{1}{2}c$

log. n = l. 325, 32 = 2,5123108
l. n - 1 = l. 324, 32 = 2,5109737
l. $\frac{1}{2}$ c = l. 16, 25 = 1,2108533

6,2341378

log. $\frac{1}{r}$ = l 0,00004 = - 5,6020600

1,8361978 = l. 68, 58 pieds

Canton trouve ici 69 pieds, 2 pouces; j'ignore d'où naît cette différence. Cependant cette ſuppoſition n'eſt pas entièrement juſte, comme je l'ai montré plus haut; je crois qu'on approcheroit d'autant plus de la vérité du calcul, qu'on admettroit ces couches moins grandes.

Il eſt inconteſtable que les expériences de *Canton*, que la Société royale a jugées dignes d'une médaille, ont été faites avec toute l'exactitude néceſſaire en ſemblable cas: car, ſuppoſé que pendant l'opération la hauteur du thermomètre augmentât ou diminuât d'$\frac{1}{4}$ ou même d'$\frac{1}{8}$ de degré, cela feroit déjà conſidérable dans le tuyau de 0, 1 — de ligne de diamètre, d'une boule dont le diamètre feroit de 1, 6 de pouce. Mr. *Canton* avance, outre cela, dès le commencement, quelque choſe qu'on ne pourra pas facilement lui accorder. La boule

eſt un peu comprimée par la preſſion de l'atmoſphère, & le liquide qu'elle contient eſt par-là contraint de monter. Or l'eau ſe trouvant par ce moyen de o, 11 pouces plus haute que le mercure, elle eut, dit-il, une force d'expanſion plus grande que le mercure. Cela ſeroit vrai ſi l'on avoit eu de l'eau de même denſité & gravité ſpécifique que le mercure. Mais la boule étant une fois remplie d'un fluide 14 fois plus denſe que le premier, la preſſion de l'atmoſphère reſtant la même pour tous les deux, devoit trouver une plus grande réſiſtance dans le mercure que dans l'eau, & ne pouvoit ainſi comprimer autant la boule pleine de mercure, que la même boule remplie d'eau: ainſi le mercure ne s'éleva point dans le tuyau auſſi haut que l'eau. La raiſon en eſt, ou peut être, la moindre denſité, &, par conſéquent, la moindre réſiſtance de l'eau, & non ſa plus grande expanſibilité. Il en peut être de même avec la pompe de compreſſion. L'expanſion des divers fluides n'eſt point en proportion inverſe de leur gravité ſpécifique. On voit cependant, par les petites tables ci-deſſus, que généralement la hauteur du tuyau, qui fait voir leurs différentes expanſions, eſt plus ou moins grande, ſelon que leurs denſités augmentent ou diminuent. Ainſi la hauteur dans le tuyau eſt d'autant plus grande, que la réſiſtance de la boule remplie eſt moindre. Je ne nie point par-là que l'eau ou les autres

fluides ne soient ou ne puissent être compressibles; je m'étonne cependant, que Mr. *Canton* ne se soit point apperçu de cette difficulté. L'objection que l'air contenu dans l'eau pourroit produire l'expansion, me paroît levée par ces expériences; en premier lieu, parce qu'on introduisit de l'air dans la boule, sans que l'expérience en fût altérée; en second lieu, parce que l'expansion ne se fit point selon les loix de l'élasticité de l'eau. Quiconque a jamais fait des expériences avec exactitude, sait d'ailleurs, combien il est difficile, & même impossible de purger entièrement d'air, l'eau ou tout autre fluide, par le moyen de la pompe pneumatique.

L'OBSERVATION du Chevalier de *Servieres* me paroît appartenir ici, en quelque façon. Il croit avoir trouvé que la hauteur du thermomètre, d'un tuyau rempli de mercure, perd beaucoup par la pression perpendiculaire de la colonne de mercure; c'est-à-dire qu'un thermomètre à mercure, posé horizontalement, monte un peu plus haut que celui qui est dans une position perpendiculaire. Je suis fâché de ne pouvoir point donner une notice plus exacte de ses observations; je ne les connois que pour les avoir vues en parcourant le *Journal encyclopédique*, sans avoir eu le tems de marquer la partie du Journal, où elles se trouvent. Je crois cependant qu'elles sont dans l'année 1777

ou 78. Je trouvai ensuite dans ce même Journal, mois de Nov. 1778, p. 155. l'annonce de cette seconde pièce, *Lettre de Mr.* T. *à Mr.* de Servieres, *en réponse à ses observations sur les thermomètres.* Mais, comme je n'en connois que le titre, elle ne m'apprend point si les expériences *de Servieres* peuvent appartenir ici. Je remarquerai cependant en général qu'il paroît impossible que la quantité médiocre de la colonne de mercure ait pu suffire à produire une compression sensible dans ce fluide. Peut-être que Mr. *de Servieres* s'explique là-dessus d'une façon différente. Ne possédant point ce Journal, je ne puis rien dire là-dessus de positif.

JEAN DANIEL TITIUS.

Le petit mémoire de Mr. le Prof. *Titius* sur cette matière se trouve dans la feuille hebdomadaire de Wittenberg de 1775, p. 218, & ensuite, p. 225, sous le titre de *Réflexions sur la compression de l'eau.* Il donne une notice abrégée de quelques-unes des expériences précédentes, & examine avec précision & justesse celles de *Hollmann* & de *Canton.* Il remarque particulièrement dans les expériences de *Canton*, qu'y étant question du défaut d'un centième de ligne, on ne pouvoit pas seulement se tromper très-facilement, mais qu'il étoit même impossible de répondre de la moindre erreur, qui

toutefois feroit ici très-considérable. Enfin Mr. *Titius* remarque qu'il a fouvent répété la troifième expérience des Florentins. L'eau a toujours déchiré le métal quand la compreffion a été forte. Son fentiment eft cependant que l'eau eft à la vérité compreffible, mais très-médiocrement.

JOSEPH DE HERBERT.

APRÈS m'être donné bien des peines inutiles, j'ai enfin reçu la belle differtation du Chevalier de *Herbert*; c'eft ainfi que les meilleurs ouvrages du Midi de l'Allemagne ne font connus que très-tard dans les parties du Nord. L'ouvrage du Chevalier parut fous le titre fuivant: „ *Differtatio de aquæ* „ *aliorumque nonnullorum fluidorum elafticitate*, „ *confcripta à P. Jof. Herbert phyf. in Acad. Vin-* „ *dol. prof. Vidonæ* 1774 8vo." Je dois à préfent à la bonté de l'Auteur une traduction Allemande de cette pièce; elle eft de Mr. *Ambfchel* Prof. en phyfique à *Laybach* dans le Duché de Carnioles, & imprimée dans la même ville, en 1779: c'eft un in-8vo de 110 pages.

Mr. *de Herbert* examine, avec fagacité & jufteffe, les expériences des Florentins. Il montre auffi, qu'on n'en fauroit rien conclure contre l'élafticité de l'eau: il examine encore quelques autres phénomènes dont il réfulte, felon lui, que l'eau eft elaftique; il infifte principalement fur le rebondiffement

de la pierre jetée contre l'eau. Nous avons déjà remarqué plus haut que ce rebondiſſement peut, par le moyen des éclairciſſemens de *Spallanzani*, être expliqué, ſans que l'eau ait beſoin d'être élaſtique. On pourroit de même objecter dans la preuve de l'élaſticité de l'eau que l'on tire du rayon de lumiere qui en eſt réfléchi, que, pour cauſer cette réflexion, il ſuffit qu'un des deux corps, p. e. le rayon de lumiere ſeul ſoit élaſtique. Il me paroît encore que la theſe de M. de *Herbert*, dans laquelle il prétend que la propagation lente du mouvement dans l'eau ſoit une marque de ſon élaſticité, eſt ſujette à quelque doute. Car je ne crois point qu'il ſoit entièrement décidé, que la propagation du mouvement d'une longue file de corps durs ne demande *abſolument* aucun tems, & ſoit momentanée dans toute l'énergie du terme. Enſuite, en poſant qu'on dût attribuer uniquement la propagation lente du mouvement à l'élaſticité de l'eau, je trouve que, cette propagation ſe faiſant beaucoup plus rapidement par une file de boules d'ivoire que dans l'eau, il faudroit admettre que les particules d'eau ſeroient beaucoup plus élaſtiques que l'ivoire, qui l'eſt ſi conſidérablement. La propagation du mouvement dans les fluides plus viſqueux ſe montre de même d'autant plus lente que le degré de leur viſcoſité augmente, comme. p. e. dans le jaune d'œuf, la terre graſſe &c.

Bellogradi a allégué de même que Mr. *de Herbert* l'élasticité de la glace, comme une preuve de celle de l'eau. Mais Mr. *Spallanzani* objecte, à ce qu'il me paroît, avec raison, que c'est décider un peu trop généralement, que de vouloir attribuer à un corps les mêmes qualités dans ses différentes modifications. Ce n'est nullement par esprit de contradiction que je propose ces doutes contre quelques-unes des preuves susdites pour l'élasticité de l'eau; bien loin de-là, je fais tout le cas possible des profondes connoissances physiques de Mr. *de Herbert*; je les allègue uniquement pour faire voir combien il est difficile d'admettre qnelque chose de positif dans une matiere aussi embrouillée.

Je passe à présent aux nouvelles opérations de Mr. de *Herbert*, pour constater l'élasticité de l'eau par de nouvelles expériences. Il répéta, en premier lieu, l'expérience avec la boule dont il a été fait si souvent mention, & il trouva que l'eau jaillissoit encore par les gerçures du métal, après que la pression avoit cessé. Ce phénomène réveilla son attention; car ce jaillissement permanent de l'eau lui parut appartenir effectivement à son élasticité.

Il répéta ensuite l'expérience avec un vase d'etain piriforme, rempli d'eau purgée d'air, avec autant de soin qu'il fut possible. Ce vase fut fermé avec un bouchon de métal qu'on fit entrer à force dans l'étroite ouverture, & qu'on souda ensuite.

Puis il secoua le vase, pour remarquer si quelque bruit ne donneroit pas l'indice qu'il contenoit quelque peu d'air ; mais il n'entendit rien. Ayant, après toutes ces précautions, mis le vase sous une presse, l'eau ne jaillit pas seulement, comme dans les expériences ordinaires, par les fentes du métal, mais continua de jaillir, après qu'on eut cessé de presser, avec la seule différence que le jaillissement ne fut pas aussi fort que durant la pression. Mr. de *Herbert* se crut ainsi en droit d'adhérer à son premier sentiment, c'est-à-dire d'attribuer ce jaillissement de l'eau à son élasticité.

Il pensa ensuite à une expérience plus instructive, & qui constatât la chose plus précisément. La principale difficulté dans ces expériences ordinaires lui parut être qu'on n'avoit jusqu'ici, jamais determiné au juste de combien le vase qui contenoit l'eau s'étoit dilaté pendant la compression. Comme, pour cette raison, il étoit évidemment impossible de fixer au juste de combien l'eau avoit été comprimée, il imagina l'appareil suivant. *A*, Pl. III. *Fig. 7*, est une boule de verre assez ample avec un tuyau de même matière *AEIKF*, long de quelques pieds; dans *C* il est élevé en angle droit à un pied de la boule, ajusté & affermi dans une planche de même longueur. La boule *A* fut placée dans une boëte ou caisse *DLMH*, dont les parois étoient de verre; le devant *DL* étoit couvert de fer blanc

échancré dans L, pour que le tuyau N y eût commodément place. La boëte avoit un couvercle Q qu'on pouvoit ôter, & deux tuyaux O & B: le tuyau B avoit un robinet. Après que la boule, avec une partie du tuyau, eut été remplie d'eau purgée d'air, jusques à X, on la posa dans la boëte qu'on ferma de son couvercle Q, & on souda la boëte aussi exactement qu'il fut possible. On remplit la boëte d'eau, par le robinet, ce qui chassa d'abord l'air par le tuyau de verre ouvert OS; elle monta ensuite jusqu'à O & s'y arrêta. La boule A, qui étoit entourée d'eau, souffrant une expansion, elle faisoit monter l'eau au-dessus de O dans le tuyau OS. On avoit lié des ficelles, tant à O, qu'à X autour du tuyau EF, pour marquer la hauteur de l'eau dans les deux tuyaux. Ensuite l'on versa dans le tuyau FE, par le haut, du mercure contre l'eau en X, & lorsque le tuyau, qui avoit quatre pieds de Paris de haut, fut rempli de mercure, qui pressoit contre l'eau dans la boule, l'eau de la boule recula depuis X jusques à Y, & l'eau dans la boëte monta depuis O jusqu'à R. Le mercure faisant ordinairement une petite élévation sur la surface, qui différoit un peu à cause de l'épaisseur, quoique médiocre, de la ficelle, dans la répétition de l'expérience. Mr. *de Herbert* a pris un nombre proportionnel moyen de plusieurs expériences. La différence des deux quantités XY & OR marqua ainsi évidemment de combien l'eau de la

boule *A* avoit été comprimée. Pour déterminer encore plus exactement la quantité de la compression, après l'expérience, on remplit de mercure, la partie *XY* du tuyau *EF*, ainsi que la partie *OR* du petit tuyau du couvercle *Q*. La quantité moyenne donna 88 parties d'un marc de monnoie de Vienne (qui contient 65536 de ces parties) ou $\frac{88}{65536}$. Le volume du mercure dans la partie *OR* (par laquelle on déterminoit l'expansion de la boule) ne donna que 46 de ces parties ou $\frac{46}{65536}$; ainsi la différence fut de 42 de ces parties. Il mesura de même la capacité de la boule & la partie du tuyau *EF* rempli d'eau, en y versant du mercure. Il trouva la valeur pour l'eau de la boule & du tuyau $=$ 183029 parties de la mesure précédente. Ceci, divisé par la différence trouvée 42, donne $\frac{183029}{42} =$ 4357,8; de sorte que la compression en parties de tout le volume de l'eau examinée, fut $\frac{1}{4358}$; ou que l'eau fut comprimée d'$\frac{1}{4358}$ de son volume par une colonne de mercure de quatre pieds de hauteur. Mr. de *Herbert* eut en même tems soin, que ces expériences & ces mesures fussent exécutées à une hauteur égale de 14 degrés du Thermomètre de *Reaumur*.

Il examina de la même façon la compressibilité

de l'esprit de vin, de l'huile de lin, & du mercure; & il trouva la compression

1. de l'eau . . . $= \frac{1}{4358}$

2. de l'esprit de vin $= \frac{1}{5161}$

3. de l'huile de lin $= \frac{1}{7287}$

4. du mercure $= \frac{1}{10529}$

POUR examiner ce dernier, il remplit le tuyau, &, par ce moyen aussi, la boule de mercure; il ferma ensuite l'orifice du tuyau avec de la cire d'Espagne, dans laquelle il perça une très-petite ouverture; ensuite il posa le tuyau horizontalement, & il en sortit ainsi un peu de mercure. La pression perpendiculaire de tout le volume de mercure sur lui-même cessant ainsi, il put s'étendre de nouveau librement, & Mr. *de Herbert* mesura cette expansion par le moyen du vif-argent qui avoit coulé hors du tuyau, & trouva la compressiou du mercure ci-dessus.

J'AVOUE ingénument que je n'ai point d'idée entièrement distincte de cette dernière expérience avec le mercure. J'estime, d'ailleurs, la méthode de Mr. *de Herbert*, tant pour ce qui regarde en général la machine & les expériences, qu'en particulier à l'égard

des fluides mentionnés, comme une des mieux imaginées que je connoiſſe; & je crois que ce qu'il a fait en ceci, eſt plus inſtructif & plus utile, que tout ce qui a précédé. C'eſt dommage qu'il ait été ſi difficile d'employer contre ces fluides une preſſion plus conſidérable, qu'une colonne de mercure de quatre pieds de haut. C'eſt auſſi la raiſon pourquoi il eſt impoſſible de comparer les meſures de Mr. de *Herbert* avec les miennes, dont je donnerai bientôt la deſcription; c'eſt le même cas qu'avec celles de Mr. *Canton*, parce que je ne vois point que la diminution de l'eſpace dans les fluides comprimés ſoit exactement en raiſon des forces comprimantes.

L'Abbé Felice Fontana.

Je ne ſaurois dire préciſément ſi le deſſein d'un inſtrument du célèbre *Fontana* précède quant au tems l'invention de Mr. *Abich*. Je n'ai trouvé qu'une ſeule deſcription de cet inſtrument dans le journal des ſavans du mois de Juillet de l'année 1777, édition de Hollande. Elle eſt tirée des *obſervations de* Rozier *ſur la phyſique*, *l'hiſtoire naturelle & les arts*, & fait partie de la deſcription du cabinet de curioſités naturelles du grand Duc de Toſcane à Florence. L'abbé en eſt l'inſpecteur; il a donné le deſſein de pluſieurs machines remarquables, & en a perfectionné d'autres. Il donnera dans

peu la defcription de ce fuperbe cabinet en plufieurs volumes in-folio. Jufqu'à ce tems-là il faudra fe contenter de la notice abrégée fuivante de fa machine pour comprimer l'eau. Je mets ici le paffage entier, tel qu'il eft dans le journal: on pourra peut être s'en faire mieux une idée, que par un extrait.

„ L'EXPÉRIENCE de l'Académie del Cimen-
„ to, de même que celles que l'on a faites enfui-
„ te, ne prouvent rien, finon que l'eau eft peu
„ compreffible. Si l'on devoit prouver la com-
„ preffibilité d'une boule d'acier de la plus for-
„ te trempe par la fimple preffion à laquelle on
„ la foumettroit, ne diroit-on pas qu'elle eft in-
„ compreffible? Chacun fait cependant combien el-
„ le eft élaftique.

„ LA difficulté confiftoit donc à trouver un
„ genre d'expériences telles, que fi petite que
„ fût la compreffibilité de l'eau, au cas qu'elle en
„ eût, on pût l'appercevoir. Il étoit connu que
„ les fluides, comme l'air, compriment également
„ les corps dans toutes les parties; que les parois
„ intérieures & extérieures d'un vafe ouvert, éprou-
„ vent une égale preffion de la part de l'air; que
„ fi le vafe eft plein d'eau, les parois intérieures
„ ne font chargées de plus que les parois extérieures,
„ que du poids feul de l'eau, & que le poids de
„ l'air pouvoit croître de telle quantité que ce foit,
fans

„ ſans que le vaſe plein d'eau vienne à ſe rompre, „ quoique cette eau qu'il contient, ſoit toujours „ plus comprimée. C'eſt d'après ces idées, que „ Mr. *Fontana* a imaginé l'expérience qui décide „ la queſtion, & l'inſtrument propre à la faire.

„ CET inſtrument conſiſte en un cylindre creux „ de métal, aſſez épais pour être très-ſolide, de „ ſept pouces de diamètre & d'autant de hauteur; „ ce cylindre, ouvert par ſon fond ſupérieur, re- „ çoit dans cet endroit, par le moyen d'une forte „ vis une petite tour quarrée de ſix lignes de large, „ & de huit pouces de haut; cette tour, compoſée „ de glaces épaiſſes & ſolidement aſſemblées par „ des angles de métal, porte dans ſa partie ſupé- „ rieure, un mécaniſme fait pour y adapter une „ pompe de compreſſion, & meſurer la quantité „ d'air qu'on introduit par la tour. Au dedans du „ cylindre de métal, il place un cylindre de criſtal „ de capacité connue, fermé en deſſous, & termi- „ né en deſſus par un tube d'un diamètre capillaire, „ mais épais de verre. Puis, avec la pompe adap- „ tée à la tour, il condenſe l'air dans le cylindre; „ cet air comprime l'eau contenue dans le cylin- „ dre de cryſtal, par le tube qui y eſt joint & ou- „ vert par le haut; l'eau baiſſant dans ce tube, in- „ dique qu'elle eſt compreſſible & de combien elle „ l'eſt; ce que l'on obſerve aiſément au travers des „ glaces de la petite tour dans laquelle monte ce

„ tube. Suppofons maintenant le cylindre de crif-
„ ftal qui fe remplit d'eau, de fix pouces de ca-
„ pacité intérieure, dans les deux dimenfions, le
„ tube qui y eft joint de $\frac{1}{10}$ de ligne de diamètre,
„ & de trois pouces de haut, & qu'on puiffe divifer
„ ces trois pouces en cent parties vifibles à l'œil,
„ la compreffion de l'eau fe fera appercevoir, quand
„ bien même elle ne feroit compreffible que de la
„ cent millionième partie de fon volume.

„ CETTE belle expérience a été faite, pour
„ plus de fureté, de différentes manieres. En pur-
„ geant d'air l'eau qu'on foumettoit à cette épreu-
„ ve, en la teignant de différentes façons, & enfin
„ en l'appliquant à d'autres fluides, & furtout au
„ mercure."

L'AUTEUR de cette defcription, qui m'eft inconnu, n'allègue aucune expérience faite avec cet inftrument, & ne dit pas même de combien on peut par fon moyen comprimer l'eau, de forte qu'on ne fauroit former de jugement, ni fur les expériences, ni fur la machine qui me paroît très-compliquée. L'abbé *Fontana* nous en inftruira fans doute plus précifément dans peu.

RODOLFE ADAM ABICH.

LES pompes à feu ont donné occafion, à Mr. *Abich*, premier infpecteur des falines ducales de Brunsvic, d'inventer l'inftrument propre à compri-

mer l'eau. Je vais en faire la description, & rapporterai avec la derniere précision les expériences qu'on a faites par ce moyen, & qui constituent la partie la plus importante de ce traité. Mr. *Abich*, qui s'est fait connoître comme un excellent mécanicien pour la pratique, par l'invention de diverses autres machines utiles, livre aussi des pompes à feu d'un très-bon usage. Il lui vint dans l'idée de savoir si l'eau ne souffroit point une compression dans la pompe à feu.

Pour être mieux en état d'approfondir cette question, il réfléchit sur un instrument avec le quel on pût faire des recherches sur la compressibilité de l'eau. Il avoit entendu parler des expériences de Florence, & savoit aussi, qu'elles étoient cause qu'on croyoit cette compression impossible. Mr. *Abich* ayant remarqué que, dans les expériences où l'on a tâché de comprimer l'eau dans une boule par le moyen d'un marteau, le métal avoit toujours été trop foible, & devoit même l'être en partie, pour céder au marteau & être comprimé sans se rompre ; il essaya d'inventer une machine qui pût agir avec des forces plus grandes contre l'eau, & qui fût en même tems assez solide pour résister à cette violence. Il crut qu'un piston qui s'ajusteroit très-exactement dans un cylindre de métal rempli d'eau, feroit très-propre pour cela, & il en fit l'épreuve, en 1776, avec un canon de fusil, qu'il avoit arrangé

pour cet effet. Mais l'expérience ne remplit point ſon attente, car le canon creva. Le canon d'un fuſil n'a pas ordinairement une ligne d'épaiſſeur. Il fit faire un inſtrument de laiton, deſtiné uniquement pour ces expériences. L'épaiſſeur du métal étoit d'environ neuf lignes, & le piſton fermoit avec toute l'exactitude poſſible. Il fit une épreuve avec celui-ci qui réuſſit mieux, c'eſt-à-dire que le piſton fut abaiſſé par le moyen d'une vis. Mr. *Abich* eut la complaiſance de me donner avis de ſes expériences; il me montra l'inſtrument & réitéra l'expérience. Lorſque, pour la ſeconde fois, nous fîmes entrer le piſton auſſi avant qu'il fut poſſible, beaucoup de petites gouttes d'eau parurent au bas du canon, ou pompe. C'étoit le métal qui s'étoit déchiré par la grande violence, à l'endroit le plus foible, & l'eau ſe faiſoit jour par de petites fentes. Les expériences précédentes ayant cependant prouvé que la choſe étoit poſſible, l'inventeur prit la réſolution de faire faire un inſtrument, pareil au précédent, mais neuf & plus fort. Le Sr. *Jean Guillaume Gropp*, mécanicien du Duc de Brunſvic à Salzdahlum, qui, dans ces ſortes d'ouvrages, peut avec juſteſſe aller de pair avec les plus habiles artiſtes d'Angleterre & de France, fut chargé de faire cet inſtrument. J'indiquerai enſuite les expériences plus heureuſes auxquelles il a ſervi.

Description de la Machine.

Elle eſt très-ſimple; ce n'eſt dans le fond qu'un cylindre de laiton creux, avec un piſton qui s'y ajuſte avec la derniere exactitude. Le creux du cylindre n'a pas le même diamètre depuis un bout juſqu'à l'autre. Il a en haut & en bas la largeur du diamètre du piſton; mais la plus grande partie eſt plus large, comme on verra par les figures & les meſures qui vont ſuivre d'abord. Cette diſpoſition n'eſt pas abſolument la meilleure. L'artiſte qui a fait l'inſtrument, a eu, ſans doute, en vue de rendre par-là la compreſſion, ou plutôt la deſcente du piſton, plus conſidérable, ou plus ſenſible à la vue. Mais on perd, d'un autre côté, en juſteſſe géométrique & dans la détermination *commode* de la maſſe d'eau comprimée. Voici les meſures de la machine, ſelon le pied de Brunsvic de douze parties:

	pouc.	lig.	$1\frac{1}{2}$ de l.
Longueur de tout le cylindre depuis *A* juſqu'à *B*, (Pl. II. *Fig* 1. & 2.) . .	21	5	10
Son diamètre *CD* . .	3	7	7
Le diamètre de la cavité près d'*EF*	1	2	6
Epaiſſeur du laiton près d'*EF*	1	2	6
Longueur de la cavité qui contient l'eau, ou de toute la colonne d'eau *aI* . . .	16	3	9

	pouc.	lign.	$\frac{1}{12}$ de l.
Diamètre du piſton GH	- -	9 -	2
Longueur du piſton GN	6 -	4 -	3
Longueur de la partie du piſton autour de laquelle ſont les cuirs & les vis $LM\,\alpha\,\beta$ . . .	2 -	4 -	-

Deux vis df & eg joignent le cylindre de laiton à l'ajuſtage de fer $RSPQ$, par le moyen des deux bras Pf & Qg, qui avancent. Il y a, près de b, une traverſe ou barre ca, dans laquelle le piston agit, pour éviter toute courbure ou vacillation.

Les deux bras d'en bas WX s'ajuſtent dans une baſe de bois très-forte qui a un pied croiſé. Cette baſe eſt creuſée de façon que toute la partie inférieure $WBvX$, y a commodément place & s'y tient ferme. Quand on fait des expériences plus préciſes avec le levier, on ôte la machine de deſſus ce pied.

Un tenon de fer conique m, entouré de cuir fort battu & bouilli dans du ſuif, ſe met près de IK ſur le fluide. Une plaque de fer s'ajuſte deſſus, contre laquelle la vis V agit, & par ce moyen on peut fermer très-exactement la partie inférieure.

Le piſton, dont toute la réuſſite dépend, eſt de fer & entouré d'onze cuirs fort battus, bouillis dans du ſuif, & ſerrés par les deux vis $\alpha\,\beta$. Il ferme par-là ſi exactement, que, la machine étant vuide,

il faut toujours employer 80 livres pour l'abaisser. Il est évident que, s'il restoit le moindre intervalle, l'eau reflueroit d'abord, & la machine ne répondroit point à son but. C'est la raison pourquoi il faut renverser la machine toutes les fois qu'on veut remplir le cylindre d'un fluide quelconque. Il est aussi bien plus facile, en ôtant la vis *V*, & le tenon de fer *um*, d'y verser l'eau par en bas, que de retirer le piston, & de l'y verser par en haut *A*. Mr. *Abich* se servoit au commencement d'une vis (*Fig.* 1. Pl. II.) *T*, & d'une manivelle, pour faire entrer le piston. Cela étoit aussi effectivement fort commode; mais, comme il n'étoit pas bien possible de déterminer, de cette façon, combien de force l'homme qui tournoit la manivelle employoit, & que, par conséquent, il ne l'étoit point non plus de déterminer avec justesse la force comprimante, je lui conseillai de se servir, au lieu de la vis, (Pl. II. *Fig.* 2. & 3.) d'un tenon *T*, qui pût être abaissé par un long levier dont le bout seroit chargé de poids. La 3me *Fig.* de la 2me Pl. montre cet appareil. *MM* marque la partie de la muraille, ou plutôt la solive qui y est murée, & qui est creusée de façon que la machine *ADBv* y peut entrer & s'y tenir ferme. La partie *O* de la solive étoit le point d'appui du levier, qui agissoit avec son point *C* sur le tenon *T*, & celui ci forçoit le piston *NOGH* (de la 2de *Fig.*) de s'abaisser. Le levier

de fer étoit un prisme *quadrangulaire* assez exact de $113\frac{1}{2}$ pouces de long, & du poids de 73 livres 3 onces.

Je vais, pour ne point interrompre le récit des expériences, rapporter ici les calculs du levier pour chaque poids qui y a été attaché, (P. dans la troisième *Fig.*); & j'avertis seulement que le dessein ne sauroit donner la vraie mesure du levier, qu'ainsi l'on ne doit point la calculer d'après l'échelle qui est au bas de la planche, qui ne se rapporte qu'à la machine.

Je me suis servi pour le calcul du levier contre le tenon *T*, de la formule suivante de Mr. *Kæstner*. La force est $= \frac{Qb + Pc}{k} = \frac{Qb}{k} + \frac{c}{k}$; *P* ici marque

Q, le poids du levier, $=$ 73 ℔ 3 onces $= 73\frac{3}{16}$ ℔ $= 73{,}1875$ ℔.

c, longueur du levier, $= 113\frac{1}{2}$ pouces $= 113{,}5$ pouces.

b, distance du point de gravité au point d'appui, $=$ 56 pouces.

k, distance *oc* du tenon au point d'appui *o*, $= 5\frac{1}{2}$ $= 5{,}5$ pouces.

P, poids suspendu au bout du levier.

Celui-ci est $= 0$, au commencement de chaque expérience. Il n'est pas toujours égal; car on y suspendit en premier lieu $\frac{3}{4}$ de quintal,

ensuite $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1 quintal entier, $\frac{5}{4}$, $\frac{6}{4}$, & enfin $\frac{7}{4}$, poids de Brunsvic, le quintal à 114 ℔, de sorte que P reçoit toutes ces valeurs l'une après l'autre.

Le premier terme de la formule $\frac{Qb}{k}$, ainsi que le second $\frac{c}{k}$ restent par-là invariables. Il faut ainsi déterminer la pression du levier sans poids où se trouve $Q = 0$.

$$\frac{Qb}{k} = \frac{73,1875,56}{5,5} = \frac{14,6375,56}{1,1}$$

log. 14,6375 = 1,1654669

log. 56 = 1,7481880

compl. log. 1,1 = 9,9586073

2,8722622 = l. 745,181

La fraction $\frac{c}{k} = \frac{113,5}{5,5} = \frac{22,7}{1,1}$

Ainsi si $P = \frac{1}{4}$ de quintal = 28,5 ℔

$$\frac{c}{k}, P = \frac{22,7}{1,1} \cdot 28,5$$

log. 22,7 = 1,3560259

compl. log. 1,1 = 9,9586073

l. $\frac{c}{k}$ = l. $\frac{22,7}{1,1}$ = 1,3146332

l. 28,5 = 1,4548449

2,7694771 = l. 588,134

745,181

1333,315 ℔

Il eſt inutile de rapporter ici les façons de calculer des autres cas, qui reſſemblent abſolument aux deux précédentes. Les poids qui en réſultent, ou la preſſion du levier pour chaque poids ſont

α) $P = 0$;	$\frac{Qb + Pc}{k} =$		745, 181 ℔
β) $P = \frac{1}{4}$ de Qu.	$= 28,5$ ℔	$=$	1333, 315
γ) $P = \frac{1}{2}$ qu.	$= 57$ ℔	$=$	1921, 181
δ) $P = \frac{3}{4}$ qu.	$= 85,5$ ℔	$=$	2509, 591
ε) $P = 1$ qu.	$= 114$ ℔	$=$	3097, 733
ζ) $P = 1\frac{1}{4}$ qu.	$= 142,5$ ℔	$=$	3685, 864
η) $P = 1\frac{1}{2}$ qu.	$= 171$ ℔	$=$	4274, 001
ϑ) $P = 1\frac{3}{4}$ qu.	$= 199,5$ ℔	$=$	4862, 136

Pour éviter toute longueur, je marquerai dans la ſuite, à chaque expérience, les poids par les lettres qu'on a miſes devant α, β &c. Il arriva qu'au dernier, & plus grand poids, le tenon *T* fut par la violence un peu écarté de ſa direction perpendiculaire. On peut bien compter 40 ou 50 livres de moins, pour le frottement que cela cauſa.

J'ai fait les premières expériences, en 1777, au mois de Mai & de Juin, & en préſence de quelques perſonnes entendues, & au fait; enſuite en Octobre de la même année, en Novembre 1778, & les dernières au mois de Février 1779.

1.) *Avec de l'eau de puits.*

Le cylindre fut, comme il a été dit, rempli d'eau de puits, & le creux ou vuide $\alpha\beta\varepsilon T\delta K$, (Pl. II. *Fig.* 2.) contenoit $26,\frac{3}{4} = 26,75$ pouces cubiques, mefure de Brunsvic; cette eau pefoit $12\frac{1}{2} = 12,5$ onces d'ici.

	pouc.	lign.	fcrup.
Le pifton alloit précifément jufqu'à la barre *NO*, & la hauteur de *b* jufqu'à *o* étoit	1	8	6
Le pifton s'abaiffa par le levier ou la preffion α, où il ne paffoit la barre *ca* que d' . .	1	5	3
Par β	1	2	3
Par 2γ	0	11	7
Le poids *P* de la preffion γ ayant été ôté, le pifton remonta de lui-même jufqu'à	1	6	0
La preffion δ comprima le pifton jufqu'à	0	10	0
La preffion ε	0	8	8
En ôtant le poids P de cette preffion, le pifton remonta jufqu'à	1	1	0
La preffion ζ fit baiffer le pifton jufqu'à	0	8	1
En ôtant le poids *P*, il remonta jufqu'à	1	0	0

	Pouc.	lign.	ſcrup.
α COMPRIMA juſqu'à . .	0	6	0
EN ôtant le poids P, il remonta juſqu'à	1	0	0
AYANT ôté le levier, le piſton remonta juſqu'à	1	6	4

ON verſa d'abord l'eau hors du cylindre, & on ne trouva aucune différence ſenſible à la meſure de l'eau.

2.) *On remplit le cylindre avec 26¾ pouces cubiques d'eau de puits bouillie.*

	pouc.	lign.	ſcrup.
LE piſton ſe trouva comme ci-deſſus à	1	8	6
pouc. lign. ſcrup.			
α LE comprima juſqu'à 1 5 6, en ôtant le levier il remonta juſqu'à	1	7	8
β . . . . 1 2 9, en ôtant le poids P, il remonta à	1	2	10
γ . . . . 1 0 1; . .	1	1	7
δ . . . . 0 9 7; . .	1	1	0
ε 0 7 6;	1	1	0

POINT de différence ſenſible de l'eau qu'on y avoit verſé à celle qui en ſortit.

3.) *Il fut rempli de 26 ¾ pouces cubiques d'eau ſaturée de ſel commun.*

Le piſton ſe trouva d'abord à 1 pouce, 8 lignes, $\frac{6}{12}$ ou 6 ſcrup.

		pouc.	lign.	ſcrup.		pouc.	lign.	ſcrup.
α	déprima le piſton jusqu'à	1	4	0;	après avoir ôté le levier, il remonta jusqu'à	1	5	6
β		1	1	4;	après avoir ôté le poids *P*, il remonta à	1	1	6
γ		0	11	0;	. .			
δ		0	9	2;	. .	1	0	-
ε		0	8	1;	. .	-	11	6
ζ		0	5	6;	. .	-	11	6
θ		0	2	8;	. .	-	11	6

4.) *Il fut rempli de 26 ¾ pouces cubiques de lait.*

Le piſton ſe trouva, comme ci-deſſus, à 1 pouc. 8 lig. 6 ſcrup.

		pouc.	lign.	ſcrup.		pouc.	lign.	ſcrup.
α	le piſton à	1	6	4;	en ôtant le levier, remonta	1	7	2
β.)	. .	1	3	8,	en ôtant le Poids *P*, remonta . .	1	3	6

	pouc.	lign.	scrup.	pouc.	lign.	scrup.
γ) . .	1	1	4; . .			
δ . .	0	10	7; . .	1	1	5
ε . .	0	9	4; . .	1	1	4
ζ . .	0	6	7; . .	1	1	4
η . .	-	4	8; . .			

5). *Il fut rempli de* 26⅘ *pouces cub. d'eau de vie.*

Le piston se trouva, comme ci-dessus, à 1 Pouc. 8 lig. 6 scrup.

	pouc.	lign.	scrup.	pouc.	lign.	scrup.
α le piston à . .	1	6	5, en ôtant le levier, remonta . .	1	7	2
β . .	1	4	8, en ôtant le poids P, remonta . .	1	3	8
γ . .	1	2	4; . .			
δ . .	1	0	1; . .	1	2	0
ε . .	0	9	6; . .	1	2	0
ζ . .	0	7	10; . .	1	2	0
η . .	0	6	3; . .	1	2	0
θ . .	0	3	6; . .	1	2	0

Il se trouve quelques lacunes dans cette indication, où la rétrogradation, ou plutôt le remontement du piston est omis; cela vient de la précipitation avec laquelle on ajoutoit souvent les poids sans ôter auparavant les précédens. Pour ce qui concerne la

diverſité dans la hauteur du réculement même, on pourroit, ſi l'on regardoit les fluides conſidérés comme réellement élaſtiques, l'attribuer aux divers degrés de leur élaſticité; je ferai uſage de ceci dans la ſuite.

J'AI fait ſuccéder ces expériences l'une à l'autre ſans intervalle, quoiqu'elles n'aient point été faites toutes dans le même tems. Des raiſons d'économie furent cauſe qu'on ne ſe ſervit plus enſuite du levier, mais ſeulement de la vis, par laquelle le fluide, ou pour mieux dire le piſton, fût à la vérité déprimé plus avant, mais ſans que la grande force pût être ſi exactement déterminée. Je rapporterai plus bas encore d'autres expériences. Je ne chercherai à préſent qu'à déterminer le raccourciſſement de la colonne d'eau, & combien le fluide paroît avoir perdu cubiquement, ſelon l'eſpace qui le contient.

LA longueur de la colonne du fluide $a\,l$ eſt = 16 pouces, 3 lignes, 9 ſcrup. ou $\frac{1}{12}$ de ligne = 2349 ſcrup.

DANS la premiere *expérience*, c'eſt-à-dire celle qui a été faite avec l'eau de puits, le raccourciſſement par le poids a fut.

pouc. lign. ſcrup. pouc. lign. ſcrup. ſcrup.

$= 1 + 8 + 6 - \overline{1 + 5 + 3} = 39.$

Ainſi $\frac{39}{2349} = \frac{13}{783} = \frac{1}{6026} = 0{,}01660$. Les calculs ſuivans ont été faits de la même maniere.

La colonne d'eau
fut raccourcie

par le poids β de $= \frac{75}{2349} = \frac{1}{31{,}32} = 0{,}03192$

. . . γ $= \frac{107}{2349} = \frac{1}{21{,}953} = 0{,}04597$

. . . δ $= \frac{126}{2349} = \frac{42}{783} = \frac{1}{18{,}16} = 0{,}0538$

. . . ϵ $= \frac{142}{2349} = \frac{1}{16{,}54} = 0{,}0604$

. . . η $= \frac{170}{2349} = \frac{1}{13{,}8} = 0{,}0723$

Dans la ſeconde expérience avec de l'eau bouillie.

Par le poids α de $= \frac{36}{2349} = \frac{1}{65{,}25} = 0{,}01532$

. . . β $= \frac{69}{2349} = \frac{1}{34{,}04} = 0{,}02937$

. . . γ $= \frac{101}{2349} = \frac{1}{23{,}257} = 0{,}04172$

. . . δ $= \frac{131}{2349} = \frac{1}{17{,}932} = 0{,}05619$

. . . ϵ $= \frac{156}{2349} = \frac{1}{15{,}005} = 0{,}06687$

Troiſième

Troisième expérience avec de l'eau saturée de sel.

Par le poids α de $= \frac{54}{2349} = \frac{10}{45,5} = 0,023414$

. . . β $= \frac{86}{2349} = \frac{1}{27,31} = 0,03661$

. . . γ $= \frac{114}{2349} = \frac{1}{20,605} = 0,04853$

. . . δ $= \frac{136}{2349} = \frac{1}{17,272} = 0,05832$

. . . ε $= \frac{149}{2349} = \frac{1}{15,765} = 0,06343$

. . . ζ $= \frac{180}{2349} = \frac{1}{1305} = 0,07662$

. . . ϑ $= \frac{214}{2349} = \frac{1}{10,976} = 0,091102$

Quatrième expérience avec du lait.

Par le poids α de $= \frac{26}{2349} = \frac{1}{90,34} = 0,01106$

. . . β $= \frac{58}{2349} = \frac{1}{40,5} = 0,02469$

. . . γ $= \frac{86}{2349} = \frac{1}{27,31} = 0,03661$

. . . δ $= \frac{119}{2349} = \frac{1}{19,73} = 0,050659$

. . . ε $= \frac{134}{2349} = \frac{1}{17,52} = 0,05704$

. . . ζ $= \frac{167}{2349} = \frac{1}{14,06} = 0,07109$

. . . η $= \frac{190}{2349} = \frac{1}{12,36} = 0,08088$

Cinquième expérience avec de l'eau de vie.

Par le poids α de $= \frac{25}{2349} = \frac{1}{93,96} = 0,010642$

. . . β $= \frac{46}{2349} = \frac{1}{51,06} = 0,01958$

. . . γ $= \frac{74}{2349} = \frac{1}{31,74} = 0,04299$

. . . δ $= \frac{101}{2349} = \frac{1}{23,25} = 0,04299$

. . . ε $= \frac{132}{2349} = \frac{1}{17,79} = 0,056194$

. . . ζ $= \frac{152}{2349} = \frac{1}{15,52} = 0,064708$

. . . ϑ $= \frac{204}{2349} = \frac{1}{11,51} = 0,08684$

On a pris deux voies pour évaluer cubiquement la quantité de la compreſſion ou de la deſcente du piſton. En premier lieu, on s'eſt ſervi d'une forme de fer blanc ajuſtée exactement au piſton; on l'a remplie chaque fois d'eau, juſqu'au point où le piſton étoit deſcendu; enſuite on a verſé cette maſſe d'eau dans une meſure qui étoit préciſément d'un pouce cubique de Brunsvic. Une autre fois on s'y eſt pris de la façon ſuivante: on a rempli exactement d'eau un vaſe, & on y a plongé le piſton juſqu'au point où il étoit deſcendu, & par-là il eſt ſorti du vaſe une quantité d'eau égale à la partie du piſton qu'on y avoit plongée. On a enſuite verſé cette eau refluée dans la meſure d'un pouce cubique, & on a par-là déterminé la quantité. Ces deux méthodes ont l'in-

convénient que quelques gouttes ſe peuvent facilement perdre, ou ne point être meſurées; de ſorte qu'on n'a pas pu eſtimer ici aſſez préciſément les plus petites parties. Ces meſurages produiſirent les réſultats ſuivans.

La meſure de combien le piſton étoit entré dans le cylindre ſe trouva *à l'eau de puits*

pour la preſſion $\alpha = \frac{3}{16} = \frac{1}{5,333} = 0,1875$ pouc. cub.

. . . . $\beta = \frac{3}{8} = \frac{1}{2,666} = 0,375$ . . .

. . . . $\gamma = \frac{9}{16} = \frac{1}{1,777} = 0,562$ . . .

. . . . $\delta = \frac{12}{16} = \frac{1}{1,333} = 0,75$ . . .

. . . . $\vartheta = 1$ pouce cubique.

Quand, par le moyen de la vis & de la manivelle, on procuroit la plus forte diminution de l'eſpace, cela faiſoit $1\frac{1}{8}$ de pouce cubique. Delà on peut calculer cubiquement de la façon ſuivante la diminution de l'eſpace. Toute la cavité contient

$26\frac{3}{4} = 26,75$ pouces cubiques; or la compreſſion à $\alpha = \frac{3}{16} = 0,1875$

Ainſi la diminution de toute la cavité eſt de

$\frac{26,75}{0,1875}$. log. 26,75 = 1,4273238
log. 0,1875 = 1,2730013

2,1543225 = log. 142,66.

de-là cette diminution $= \frac{1}{142,66}$

la compreſſion du piſton pour β fut

$= \frac{3}{8} = 0,375$ pouces cubiques;

ainſi $\frac{26,75}{0,375}$; ou l. 26,75 — l 0,375 = l. 89,804;

de la diminution de l'eſpace pour la preſſion

$\beta = \frac{1}{89,804}$.

On trouve par cette méthode les valeurs ſuivantes pour chaque diminution de l'eſpace, dans l'expérience avec l'eau de puits.

pour $\alpha = \frac{1}{142,66}$

.. $\beta = \frac{1}{89,804}$

.. $\gamma = \frac{1}{47,55}$

.. $\delta = \frac{1}{35,667}$

.. $\vartheta = \frac{1}{26}$

Le plus grand raccourciſſement par la vis & la manivelle fut $1\frac{1}{8} = 1,125$ pouces cubiques; ce

qui donne $\frac{1}{23,777}$ ou presque $\frac{1}{24}$ pour la diminution de tout l'espace.

En admettant ceci, comme une compression réelle du liquide, les densités de l'eau seroient avant & après la compression pour le dernier cas = 23: 24 = 1,000: 1,0433. Pour la pression 9 la compression fut d' $\frac{1}{26}$; ainsi les densités pour ce cas, avant & après la compression, = 25:26 = 1,00: 1,04. *Muschenbroek* (48) met la densité de l'eau de puits à celle de mer = 0,999: 1,030 = 1,0310; de sorte que l'eau de puits avoit acquis, par la pression 9, plus de densité que l'eau de mer. Ensuite l'eau de puits: vin blanc du Cap

= 0,999: 1039 = 1,000: 1,04

L'eau de puits: sang humain = 0,999: 1,040 = 1,000: 1,041. Ainsi l'eau de puits acquit plus de densité par la plus forte compression avec la vis, que les deux masses fluides alléguées.

Si l'on compare chaque compression des diverses masses fluides avec lesquelles on a fait les expériences, avec leur gravité ou densité spécifique, il en resultera ce qui suit.

Par la compression *a* ont été comprimés, selon leur volume en pouces cubiques.

(48) Introduct. in Philos. natur. T. II. p. 558.

L'eau de puits,	L'eau saturée de sel,	Le lait,	L'eau de vie,
$\frac{1}{142,66}$	$\frac{1}{103,45}$	$\frac{1}{215,21}$	$\frac{1}{224,76}$
par la compression δ			
$\frac{1}{35,667}$	$\frac{1}{33,909}$	$\frac{1}{38,695}$	$\frac{1}{45,664}$
Les gravités spécifiques de ces corps fluides sont			
0,999	1,2047	1,030	0,9855

Je n'ai rapporté ces comparaisons que pour les poids α & δ, parce que ces deux ont été employés dans toutes les expériences, quelques-uns des autres ayant été négligés dans d'autres expériences, par la précipitation de ceux qui attachoient les poids pesans. Cette table de comparaison montre distinctement que les compressions de ces fluides ne sont point en raison inverse de leur gravité spécifique. L'eau de vie est la plus légère de ces masses fluides, & fut la moins comprimée.

Cela posé, combien *de Lanis* ne s'est il pas trompé, en admettant, comme décidé, que les diverses masses fluides résistoient à la compression en raison de leur gravité spécifique (49). Voici une de ses propositions qui appartient ici. „ *Dato aquæ & aëris pondere, potest saltem proxime determinari,*

(49) Magist. Art. & Nat. T. 2. p. 179.

„ *quanta vis requiratur ad determinatam compref-* „ *fionem ipfius aquæ.*" Il a même calculé, felon cette loi, qu'une colonne d'eau de 22330 pieds, comprime de la moitié l'eau qui eft deffous elle. La nature des corps folides même nous autorife à dire avec raifon, que comme l'ivoire & l'acier, quoique très-folides, ont plus d'élafticité que beaucoup d'autres corps durs & moins pefans, & cèdent plus que ceux-ci dans le moment qu'ils font paroître cette qualité, ceci peut avoir auffi lieu dans les diverfes maffes fluides. Je trouve cependant très-remarquable que l'eau de vie, qui eft juftement le fluide fpécifiquement le plus léger, ait montré la plus grande réfiftance; & encore plus, parce que, felon Mr. *Canton*, l'efprit de vin eft de $\frac{26}{1000000}$ plus compreffible que l'eau.

Mr. *Canton* parle d'ailleurs de l'efprit de vin, & dans nos expériences il eft queftion d'eau de vie, ce qui fans doute peut caufer quelque différence. Je prie le lecteur de vouloir relire ce que j'ai dit plus haut fur ces expériences de *Canton*, qui en général ne peuvent pas facilement être comparées avec les nôtres.

CELA auroit plutôt lieu, fi les compreffions étoient toutes les fois en proportion avec les poids impofés ou comprimans; mais qu'on repaffe avec attention la table des points fixes ou hauteurs du pifton, que j'ai pour cet effet fi foigneufement circon-

ſtanciée, & on verra clairement, ſans calcul ultérieur, combien la proportion de la compreſſion diffère du poids comprimant. On ne ſauroit ainſi conclure de ces expériences, de combien notre colonne d'eau auroit été comprimée par le petit poids de l'atmoſphère. Je dis par le petit poids de l'atmoſphère, c'eſt-à-dire petit, même à raiſon de la preſſion *a* ou du ſimple levier. Car le diamètre de la colonne d'eau ſur laquelle l'atmoſphère peut preſſer n'étant que de 9,166 lignes = 0,764 pouces, & ainſi la ſuperficie = 0,46 de pouces quarrés, la preſſion d'une colonne de 30 pieds de haut & 0,46 pouc. quar. de baſe, ou une colonne de 165,6 pouces cubiques d'eau ne peſe pas encore 8 livres, en admettant même le pied cubique d'eau un peu au-delà de 79 livres; car c'eſt à quoi dans le calcul ſuivant monte, en livres de Brunſvic, la gravité ſpécifique dont on s'eſt ſervi ici, c'eſt à dire $12\frac{1}{2}$ onces $= \frac{12,5}{16}$ ℔ $= 26,\frac{3}{4} = 26,75$ pouces cubiques; ainſi $\frac{12,5}{16.26,75} = 1$ pouce cubique $= \frac{1}{1728}$ d'un pied cubique; de-là le pied cubique d'eau $= \frac{12,5.1728}{16,26,75}$ $= \frac{12,108}{26,25} = 79,98$ ℔ de Brunſvic.

La preſſion médiocre de l'atmoſphère ſur l'eau de notre machine, que j'ai indiquée, ne pouvoit mouvoir ou abaiſſer le piſton le moins du monde, même quand il auroit été poſſible d'empêcher tout frottement contre l'intérieur du cylindre. Il réſulte

du moins, des points où il s'eſt arrêté, marqués ci-deſſus, qu'une preſſion médiocre n'y auroit produit qu'un changement de poſition immeſurable.

Doutes contre la compreſſion des fluides par la machine de Mr. Abich.

NE pourroit-on point déduire la deſcente du piſton de quelqu'autre raiſon que de la compreſſion du fluide? Cela doit ſe préſenter à quiconque a la moindre connoiſſance, en cette matiere. On ſait combien ils eſt difficile d'approfondir les cauſes d'un phénomène phyſique, & combien le même phénomène peut fréquemment, & avec la plus grande apparence, être déduit de cauſes diverſes & ſouvent diamétralement oppoſées.

JE penſe qu'on peut réduire les principales objections à ce qui ſuit (50):

(50) Je n'oſerois faire valoir le doute ſuivant comme objection légitime; on pourroit croire, qu'en rempliſſant la machine du fluide qu'on vouloit examiner, ce dernier ne parvenoit point juſqu'au fond, ou plutôt, juſqu'au piſton: la machine eſt, comme je l'ai dit, très-ſimple; j'en ai été ſouvent convaincu en retirant le piſton; ainſi, quand on la remplit, il n'y a rien qui empêche le fluide de deſcendre juſqu'au piſton, & il eſt impoſſible qu'il y reſte le moindre eſpace vuide. Suppoſé enſuite, qu'il reſtât un vuide, il ne feroit pas néceſſaire d'uſer, dès le premier abaiſſement du piſton, d'un poids de 200 ℔; car on le fait deſcendre dans la machine vuide par la force d'environ 70 ℔.

1o.) les cavités dans le métal ou les parois du laiton; 2o.) la compreſſion des cuirs du piſton; 3o.) le cylindre même qui peut céder ou s'étendre; 4o.) l'air dans le fluide ou dans la machine.

Ne pourroit-il pas, en premier lieu, ſe trouver dans l'épaiſſeur du métal des cavités, des ouvertures qui, avant la compreſſion, étoient maſquées par des parois de métal? Dans cette ſuppoſition la preſſion rompt ces parois; ou dans le cas que ces cavités ne ſoient ouvertes que par des crevaſſes extrêmement fines; elle les force à ſe ſéparer; l'eau y entre; le piſton deſcend d'autant. Suppoſons que ce cas ait effectivement lieu; ſuppoſons que l'eau pénètre dans ces ouvertures; ſuppoſons qu'elles ſoient vuides d'air & admettent facilement l'eau; le piſton deſcendra proportionellement à la quantité de l'eau qui a pénétré dans ces ouvertures. Mais l'expérience s'achève, & l'on retrouve ſur le champ, à quelques gouttes près qui reſtent attachées à l'inſtrument, la même quantité du fluide qu'on y avoit verſé. Il reſte toujours dans chaque métal poli des particules d'eau qui s'attachent aux parois: combien plus cela doit-il arriver dans ces petites ouvertures que la preſſion a occaſionnées? Il ſeroit immanquablement reſté une quantité d'eau conſidérable dans le cylindre, ou plutôt adhérente à ſes parois. Il y a plus encore; ſi en verſant le fluide hors du cylin-

dre, on pouvoit l'en faire ſortir totalement, ce que perſonne n'admettroit facilement, toutes ces petites cavités ſeroient ouvertes à la premiere expérience qui ſuivroit immédiatement; il y entreroit de ſoi-même plus d'eau, & il faudroit plus de fluide pour remplir le cylindre à la ſeconde expérience qu'à la première. Mais cela n'eut point lieu. En ſuppoſant qu'il fût reſté de l'eau dans ces cavités du métal, ce qui ſeroit arrivé immanquablement, ſi on admettoit la premiere ſuppoſition, le fluide de l'expérience ſuivante ſeroit obligé de comprimer l'eau dans ces cavités, ou d'être comprimé lui-même, ou enfin de faire d'autres nouvelles crevaſſes dans le métal, de pénétrer dans de nouvelles cavités. Où trouver enſuite la poſſibilité de la deſcente pour la troiſième expérience? Le cylindre, miné de cette façon, crèveroit. Cela n'arriva cependant point après cinquante & plus d'expériences. Il paroît ainſi, qu'on peut regarder la premiere partie de cette objection comme levée. Suppoſons enſuite que ces petites cavités contiennent de l'air; l'eau eſt contrainte par la force d'entrer dans ces petites cavités; l'air ne ſauroit s'écarter, mais il eſt fort comprimé, & fait en partie place à l'eau; la plus grande partie de la cavité eſt remplie d'eau; à meſure que la preſſion diminue, l'air, fortement comprimé dans les cavités, s'étend de nouveau, & force l'eau à en reſſortir.

Mais qu'on réfléchiſſe, en premier lieu, que, quand l'eau eſt contrainte d'entrer dans ces cavités, l'air étant ſpécifiquement plus léger, doit, dès qu'elle parvient juſqu'à lui, remonter & en ſortir ainſi entièrement. Et quand on ſeroit même dans l'idée que cela ſeroit impoſſible, l'eau étant déjà ſuffiſamment impregnée d'air, & ne pouvant ainſi recevoir cet air, contenu dans les cavités du métal; cela ne ſauroit avoir lieu dans les expériences faites avec de l'eau purgée d'air. Si donc cet air des cavités du métal pénètre dans l'eau, cette objection apartient à celle de l'air en général, & j'y viendrai plus bas. Si une fois on vouloit accorder que l'air ne ſe mêloit point avec l'eau, mais n'étoit que comprimé dans un petit eſpace de la cavité, il eſt évident que cet air n'ayant plus aucun rapport particulier avec les differens fluides qu'on examine, ſeroit en même quantité pour chacun de ces fluides. Comment arrive-t-il donc que, dans le cas que ce ſoit lui qui opère la poſſibilité de la compreſſion, le degré de compreſſibilité ſoit ſi différent dans chaque fluide examiné, ce que les expériences ont fait voir très-diſtinctemement; 1o. parce qu'on a trouvé toujours exactement la même quantité de fluide a la fin de chaque expérience. 2o. parce qu'on n'a pas eu beſoin d'une plus grande quantité de fluide dans l'expérience ſuivante, 3o. par la réuſſite heureuſe des expériences ſuivantes; & enfin, parce

que, dans de ſi fréquentes expériences, le cylindre eſt reſté entier ſans ſe crever.

La ſeconde objection de la compreſſion des cuirs autour du piſton n'eſt pas fort conſidérable. Le piſton eſt entièrement de fer, & les cuirs, ce qu'on peut voir par la 2e. *Fig.* de la 2e. Planche, ont ſi peu de volume, que, s'il étoit poſſible de les rapprocher par la preſſion, leur compreſſion ne ſeroit pas ſenſible. Et ſi ce rapprochement étoit de la moindre importance, ils ne pourroient pas être aſſez élaſtiques, pour remplir toujours le même eſpace en retirant le piſton. Mais ce reſſerrement du cuir eſt impoſſible, parce que les vis α & β l'empêchent abſolument. S'ils étoient reſſerrés par les côtés, le fluide reflueroit par les côtés du piſton qui ne fermeroit plus ſi juſte; cas qui n'a jamais eu lieu dans nos expériences.

La troiſieme objection me parut plus importante. Conſidérant la grande violence, & la forte preſſion qui réſultoit du fluide contre les parois du cylindre, & ignorant comment le métal ſe comporte dans ce cas, je réſolus de l'examiner plus exactement. Il étoit poſſible ici, que la force du frottement excitât quelque chaleur dans le cylindre. Je me pourvus ainſi d'un tube de thermomètre très-ſenſible; le cylindre fut rempli d'eau refroidie par de la glace, au point que le thermomètre n'étoit qu'à 6½ degrés de *Fahrenheit* au-deſſus du point

de congélation. On entoura en plusieurs endroits le cylindre de laiton, d'un fil d'archal rougi, & on l'affermit avec tant de soin, qu'il falloit user d'une grande force pour le faire mouvoir le long du cylindre. On fit descendre le piston jusqu'à ce qu'il parvint à remplir $\frac{1}{26}$ de l'espace. Après l'avoir fait remonter, il se trouva que le fil d'archal serroit aussi juste qu'avant l'expérience. Le fil d'archal de laiton qui a été rougi, n'est pas fort aigre, ni élastique. Or, si le piston, par la violence avec la quelle on l'avoit fait descendre, avoit élargi le cylindre le moins du monde, & que celui-ci se fût remis par contraction après l'opération, le fil d'archal non élastique seroit devenu plus long, & il auroit été facile de le faire avancer ou reculer. On avoit, outre cela, très-exactement mesuré la circonférence du cylindre avant l'expérience & durant l'opération, & on l'avoit toujours trouvée de la même grandeur, c'est-à-dire de 10 $\frac{3}{4}$ de pouce du Rhin. Nous renversâmes l'instrument immédiatement après l'expérience, & plongeâmes le thermomètre dans l'eau qui y avoit servi. Je l'avois moi-même retenu pendant l'expérience, dans de l'eau refroidie jusqu'au 6 $\frac{1}{2}$ dégré au-dessus du point de congélation, ou jusqu'au degré 38 $\frac{1}{2}$. Dans le moment qu'il fut plongé dans le canon, je trouvai qu'il n'étoit remonté que d'un degré. Il est bien vrai qu'il remontoit déjà tandis je le retirois de

l'eau; car il étoit fort fenfible, & l'eau de la pompe n'étoit point non plus auffi froide que celle dans laquelle nous avions mis de la glace. On voit d'ailleurs que la différence d'un degré étoit ici très-peu importante; car, fi dans les expériences il devoit paroître une chaleur affez confidérable pour pouvoir contribuer à l'expanfion du métal, un ou même dix degrés de *Fahrenheit* ne feroient d'aucune importance.

Je réfolus cependant de choifir un appareil plus exact pour pouvoir examiner, avec plus de précifion, cette objection de l'expanfion du métal. Je fis fouder tout autour du cylindre de laiton, entre les bras *PQ & WX*, Planche II. *Fig.* 1. un autre cylindre de fer blanc, $\alpha\beta\gamma\delta$ de 13 pouces 5 lignes de hauteur, & de 5 pouces 6 lignes de diamètre. D'un de fes côtés fortoit un tuyau de fer blanc $\eta\zeta$, dans lequel on avoit maftiqué un tube de verre dont le diamètre intérieur étoit de $\frac{3}{4}$ de ligne. Il fut rempli d'eau par une ouverture au haut du cylindre près de α. Cet appareil étant en ordre, je purgeai d'air fous la pompe, & autant qu'il me fut poffible, de l'eau qui avoit été refroidie par de la glace jufqu'au 36e. degré. On remplit, comme à l'ordinaire, la machine ou cylindre de laiton de cette eau purgée d'air. Je fis enfuite remplir auffi le cylindre extérieur autour de la machine, & fermer exactement l'ouverture. Un fil pofé autour de tube $\eta\zeta$

de verre, marquoit exactement la hauteur de l'eau dans le tuyau extérieur. La machine ne pouvant plus s'ajuster sur son pied, à cause de ce cylindre extérieur, elle fut, dans cette expérience, tenue par deux hommes, dans une position perpendiculaire. Le piston étoit, comme toujours avant les expériences, à la barre *NO*.

	pouc.	lign.	scrup.
C'est-à-dire à	1	8	6
Par la vis & la manivelle il fut ensuite poussé en premier lieu jusqu'à	1	2	3
Et peu à peu jusqu'à . .		11	7

Les hauteurs du piston donnent, comme on peut voir plus haut, pour la partie qui est entrée, $\frac{3}{8}$ & $\frac{9}{16}$ de pouce cubique; & ainsi $\frac{1}{142,66}$ & $\frac{1}{90}$ de tout l'espace, pour la compression. Mais l'eau ne monta aucunement dans le tube de verre. On continua de comprimer jusqu'à ce que le piston arriva à *O* pouce 10 lignes; ceci donna donc $\frac{3}{4}$ de pouce cubique pour le piston; en tournant la vis l'eau monta alors de trois lignes au-dessus du fil; on cessa de serrer la vis, & l'eau retomba alors sur le champ à la hauteur du fil. On fit baisser encore davantage le piston, & l'eau remonta à trois degrés au-dessus du fil: dès qu'on cessoit de faire agir la vis, elle retomboit jusqu'au fil. Un manque de pénétration, ou un jugement précipité, auroit

roit pu facilement nous séduire & nous porter à dériver ce haussement de l'eau du tube de verre, de l'expansion du cylindre de laiton. Mais, en premier lieu, l'eau retomboit à sa premiere hauteur dès qu'on cessoit de faire agir la vis, & le piston ne pouvoit cependant point remonter pendant cette cessation, de sorte que s'il y eût eu une expansion réelle elle auroit dû continuer. A cette réponse qui déjà seroit suffisante, ajoutons que l'eau ne monta point dans les premieres & moindres compressions, quoiqu'elles fussent déjà fort considérables. Supposé ensuite, qu'on voulût dériver le haussement dans le tube de verre de l'expansion du cylindre, il faudroit, nécessairement, qu'il s'élargît autant que la portion du piston qui étoit entrée prenoit de place. En le forçant d'entrer, cela monte jusqu'à 10 lignes de la hauteur du piston, $\frac{3}{4}$ = 0,75 pouces cubiques. Si le cylindre s'étoit élargi d'autant ou d'à peu près autant, il est évident que l'eau dans le tube de verre auroit dû monter non de 3 lignes, mais de plusieurs pieds. Cela résulte de ce qui suit. Le tube de verre avoit 0,75 lignes de diamètre interieur; ainsi une colonne d'eau de 3 lignes de haut, dont la base, selon le diamètre ci-dessus, seroit de 0,441562 lignes quarrées, n'auroit que 1,325 lignes cubiques. Or $\frac{3}{4}$ de pouces cubiques font = 1296 lignes cubiques, ainsi la petite colonne d'eau au-dessus du fil étoit à la partie du piston entrée

dans le cylindre, = 1325:1296; ou si l'on regardoit ce haussement de l'eau comme une expansion du cylindre, elle ne seroit que $\frac{1,325}{1296}$ = 0,001 = $\frac{1}{978}$ de la quantité de l'expansion qu'il auroit dû souffrir, par cette descente du piston. De sorte qu'il étoit impossible que ce haussement, ou cette petite colonne d'eau, pût être la valeur de l'expansion du cylindre. Il seroit facile de continuer ce calcul, & de montrer jusqu'où, ou de combien de pieds, l'eau auroit dû monter dans le tube de verre, pour être égale à la valeur de la portion du piston; mais je regarde les calculs mêmes, que j'ai rapportés, comme superflus, l'objection étant, comme je l'ai dit, déjà levée par la chute de l'eau jusqu'au fil, à chaque fois qu'on a cessé de tourner la vis. Mais d'où venoit donc ce haussement de l'eau dans le tube de verre? Il n'avoit point d'autre cause que le mouvement de l'eau dans le cylindre de fer blanc extérieur; c'est-à-dire que la machine ne pouvant être tenue assez ferme pour empêcher le mouvement dans l'eau du cylindre extérieur, causé par la force qu'on étoit obligé d'employer pour tourner la vis dans les hauts degrés de compression, & l'ébranlement qui en résultoit; cet ébranlement ou oscillation devoit naturellement faire monter l'eau dans le tube de verre. Celui-ci étant cependant si étroit, cette secousse ne pouvoit causer de changement con-

sidérable, & je suis par cette raison convaincu, qu'elle seroit montée plus haut si le tube avoit été plus large. C'est aussi la raison pourquoi elle ne montoit point du tout dans les moindres compressions; car il falloit moins de force pour tourner la vis; la machine & l'eau qu'elle contenoit recevoient ainsi une moindre secousse. Cela étoit cependant en même tems cause qu'elle retomboit, dès que, sans retirer le piston, on laissoit la machine quelques momens en repos.

Il est donc certain que le cylindre n'a souffert aucune expansion sensible, & on ne pouvoit non plus s'y attendre, vu l'épaisseur du métal. Il est d'ailleurs encore question, si dans le cas qu'une expansion considérable, proportionnée à la descente du piston, eût eu lieu, celui-ci auroit encore pu fermer exactement? Car, quoique ce n'eût été, sans contredit, que la partie moyenne de la pompe ou du canon, qui auroit le plus cédé, cela n'auroit pu toutefois arriver sans une petite altération des parties supérieures de la machine, dont le creux par où entre le piston se seroit un peu ressenti. La moindre altération, par l'extrême force qu'on employoit, devoit donner occasion à l'eau de jaillir hors du cylindre.

Mais la question la plus importante est encore à résoudre; la compression ne dérive-t-elle pas de l'air contenu daus le fluide ou dans la pompe mê-

me? Avant d'examiner la chose avec toute la précision qu'elle mérite, je remarque en premier lieu, qu'en faisant même cette question, on avoue une compression. Comprimer un corps, est en rapprocher les parties; soit que cela arrive, parce qu'elles se compriment elles-mêmes en qualité de corps élastiques; ou parce qu'on fait sortir des corps étrangers existans entre les parties élémentaires du corps; ou enfin, parce que cette matiere étrangere est elle-même élastique & se comprime, ce qui rapproche les parties du corps. N'y ayant point de corps qui ne contienne quelque matiere hétérogène, p. e. de l'air ou de l'éther, il s'ensuit une possibilité de compression pour chaque corps. C'est ainsi que je comprime du liege, de l'éponge, de la laine, par quelqu'une de ces raisons. Les anciens physiciens, aussi bien que les modernes, se sont beaucoup arrêtés là-dessus; mais ceci n'étant qu'une simple spéculation ou hypothèse, on peut relire ce que *de Lanis* (51) *Gassendi* (52) *Stair* (53) ont pensé sur cette matiere. Je dis simplement que cette objection suppose toujours une compression. Oui, dira-t-on, une compression de l'air: il y a long-tems que nous la connoissons; au lieu que nous ignorons absolument celle de l'eau.

(51) Magist. Art. & Nat. T. 2. à l'endroit cité.

(52) Gassendi Opp. T. 2.

(53) Stair Physiolog. nor. loc. cit.

Mais cette eau impregnée d'air, pourquoi ne fut-elle pas visiblement comprimée par les *Florentins*, par *Muschenbroek*, par *du Hamel* & autres? C'est que leurs instrumens & leurs méthodes ne suffisoient pas pour effectuer une compression aussi forte que la machine du S. *Abich*. Avouons donc que cette machine a produit l'effet qu'on en attendoit, qui est de comprimer mieux que les précédentes; elle a ainsi démontré une chose que jusque-là on n'avoit point cru. Cela suffit pour moi; j'aime à m'instruire; j'avance toujours dans quelque direction que ce soit. Mais je passe à une réponse plus détaillée de la question, si l'air n'a pas uniquement opéré la compression? Les expériences précédentes, surtout la derniere, prouvent que l'eau purgée d'air à été comprimée aussi fortement que l'eau commune. Mr. *Abich* m'avoit dit avoir fait l'expérience avec l'eau purgée d'air, avec le même succès, à Helmstedt, chez Mr. le Conseiller *Beireis*.

QUOIQUE ceci fasse voir la possibilité de la compression de l'eau purgée d'air, on ignore toujours de combien cette compression à dû différer de celle de l'eau ordinaire qui n'a point été sous la pompe. Si on vouloit objecter que, dans les expériences avec de l'eau purgée d'air, il falloit, toutes les fois, la faire sortir du récipient pour la verser dans le cylindre, & ainsi l'exposer de nouveau à l'air ex-

térieur ; on répondroit que cela importe peu. *Nollet* a montré par une observation très-exacte, & une pratique qui lui étoit propre, que l'eau purgée d'air n'en reprend la même quantité dont on la dépouillée, qu'après avoir été exposée de nouveau au grand air pendant cinq ou six jours (54). Il est ainsi évident que l'eau versée dans la machine, d'abord après avoir été sous la pompe, n'a pu reprendre que peu ou point d'air. Je suis fâché cependant que nous n'ayons pas eu l'occasion de déterminer plus exactement par le levier la force nécessaire pour l'eau purgée d'air, à chaque compression ou hauteur du piston. Il paroît probable que cette compression ou force, a été plus considérable que pour l'eau qui n'a point été sous la pompe. Ceci devient pourtant très-douteux, dès qu'on admet que l'eau bouillie contient aussi moins d'air que l'eau crue, & par conséquent est égale à celle qui a été purgée d'air. En comparant la compression de l'eau bouillie, & de celle qui ne l'est point, & cela à poids égal, par le moyen des hauteurs du piston, il en résultera ce qui suit :

(54) Memoires de l'Accad. des Scienc. de Paris. Année 1743. Amsterd. 1749. p. 297 & S. Planc. 6.

L'EAU ordinaire fut comprimée par	
le poids α de . . .	$\frac{1}{142,66}$
Par le poids δ de . . .	$\frac{1}{35,607}$
Mais l'eau bouillie le fut, au contraire,	
par le poids α de . .	$\frac{1}{93,108}$
par le poids δ de . . .	$\frac{1}{34,14}$

AINSI, en général, elle fut plus condenſée par une compreſſion également forte; ce qui ſe voit déjà par les hauteurs du piſton. Je n'ignore point qu'il eſt impoſſible de purger entièrement l'eau d'air, par la cuiſſon, ni même par la pompe ſous le récipient, mais on auroit dû s'attendre à une réſiſtance plus grande; & tout le contraire eſt arrivé ici. Cette attente légitime paroît ſe rencontrer plutôt dans l'examen des fluides ſuivans, du lait & de l'eau de vie.

Mutſchenbroek (55) dit que le lait contient très-peu d'air à proportion d'autres corps fluides; & *Hales* (56) ne donne à l'eau de vie que $\frac{1}{54}$ de l'air contenu dans l'eau. Ces deux fluides firent voir dans nos expériences une réſiſtance extraordinaire, & la plus grande fut celle de l'eau de vie.

(55) *Muſchenbroek.* Introd. T. 2. p. 888.
(56) Statical Eſſays, London 1731. T. 1. p. 181.

La compreſſion ou condenſation de l'eau de puits à été par le poids α à celle du lait par le même poids. $= 215,21 : 142,66.$
Par le poids δ . . $= 38,695 : 35,667.$
L'eau de puits à l'eau de vie par α . . $= 224,76 : 142,66.$
Par δ . . . $= 45,664 : 35,667.$

CEPENDANT il eſt ici queſtion de ſavoir, ſi l'air, ſelon qu'il eſt intimement joint à différens liquides, ne gagne ou ne perd pas en élaſticité; ou ne feroit-il pas poſſible que la différente nature des parties élementaires du fluide, modifiât ou changeât l'élaſticité de l'air? A quoi il faut encore ajouter que preſque tout corps fluide contient une quantité différente d'air fixe ou d'autre ſorte d'air artificiel. Ces diverſes ſortes d'air changeant effectivement l'élaſticité de l'air naturel, il eſt peut-être poſſible qu'il faille y faire attention. Il reſteroit donc encore à faire des expériences avec de l'eau impregnée de diverſes ſortes d'air artificiel.

QUANT à l'air qui eſt & qui reſte dans le canon, c'eſt-à-dire dans la machine; je ne nie nullement qu'il y ſoit; je ne vois pas même de moyen facile d'en vuider entièrement la machine; j'accorde ainſi volontiers, que cet air peut influer dans la compreſſion, ou deſcente du piſton. Il faut toutefois faire réflexion ici que cet air du canon, dans

les différens fluides, ne peut être fort varié quant à la quantité, puis qu'il ne consiste principalement que dans les vésicules d'air adhérentes aux parois du canon & du piston; je ne crois point ainsi qu'on puisse en dériver les degrés de compression si variés des différens fluides.

Le rehaussement du piston, après qu'on a ôté le poids, me semble toujours une singularité bien remarquable. On attribuera de même ce phénomène à l'air, & cela peut être très-vrai; mais cette expansion n'a nul rapport avec les loix de l'élasticité de l'air, selon lesquelles elle seroit bien plus grande qu'elle n'a été effectivement ici; on ne sauroit enfin nier absolument, que l'eau n'ait elle-même quelque élasticité; c'est au moins ce qui me paroît résulter des réflexions générales préliminaires. Je suis ainsi toujours en droit de mettre sur le compte de l'élasticité de l'eau tant une partie de la descente du piston, que de son rehaussement. Ce qu'il y eut encore d'assez singulier, fut qu'en ôtant le poids le plus pesant, le piston ne remonta point entièrement à la hauteur où il se trouvoit au commencement de l'expérience. Il ne s'étoit point perdu d'eau; car en vuidant le canon, il n'y manquoit, à la lettre, que quelques gouttes qui étoient incontestablement restées dans le cylindre. La force de la compression en auroit-elle fait sortir de l'air? Cela paroît à peine possible, le piston fer-

mant ſi juſte, que, par les plus grands poids, aucune goutte d'eau ne jailliſſoit par le haut du cylindre. L'air auroit-il perdu de ſon élaſticité? Une partie de l'Ether (reſſource toujours prête de pluſieurs phyſiciens) contenu dans l'air, étoit il échappé? Réponde qui voudra; je le comprens ſi peu, que je ne tenterai jamais d'indiquer en général dans la phyſique la premiere cauſe d'un phénomene quelconque.

Quoi qu'il en ſoit, la machine *d'Abich* a prouvé qu'on peut plus effectuer avec l'eau qu'on ne l'avoit cru juſqu'ici; & il eſt conſtant qu'en général c'eſt un pas fait de plus en phyſique; car elle nous apprend non-ſeulement que l'air reçoit un différent degré d'élaſticité, ſelon qu'il ſe trouve joint à différentes eſpèces de corps fluides; mais encore que les condenſations des fluides ne ſont point en raiſon inverſe de leur gravité ſpécifique; enfin, ſi elle nous laiſſe dans l'incertitude ſi l'eau n'eſt point elle-même élaſtique, au moins nous apprend-elle a douter de bien des choſes qui auparavant nous ſembloient évidentes ou à peu près. L'idée de Mr. *Abich* me paroît & paroîtra aux lecteurs équitables toujours digne d'une ſinguliere attention & honorera en tout tems ſon auteur.

Pour pouſſer plus loin ces obſervations avec une machine pareille, je ſouhaiterois.

1.) Qu'on choisît pour cet effet un cylindre

de fer bien épais & dont la cavité fût partout du même diamètre.

2.) Que l'appareil du levier fût plus commode, & encore plus exact.

3.) Qu'ensuite on fît plus d'expériences avec de l'eau purgée d'air, ainsi qu'avec de l'eau impregnée d'air fixe.

4.) Qu'on pensât à un appareil pour vuider d'air le cylindre même.

5.) Seroit-il absolument impossible de faire un cylindre de verre très-épais, qui fût en état de résister à une très-forte compression?

En revoyant les méthodes d'examiner l'élasticité ou la compressibilité de l'eau, indiquées dans ce traité, il sera évident que les plus simples, & celles où l'on peut calculer le plus exactement la compression, sont les plus commodes. Le tuyau de *Hamberger*, la machine de Mr. de *Herbert*, & la pompe de compression d'*Abich* sont principalement de ce nombre; & le tuyau de *Hamberger* & *de Herbert* me paroît singulièrement propre pour cet effet. Car l'expérience se fait en premier lieu dans un tube transparent de verre; ensuite on peut rendre le poids très-considérable, quand les parties supérieures du tube même seroient de métal, & la pression peut être facilement calculée; enfin, on peut, par le moyen d'un Nonius, exactement adapté au tube, déterminer la compression de l'eau avec

beaucoup d'exactitude. Je crois ainsi qu'on opéreroit avec beaucoup de succès, si on prenoit un tuyau de verre très-épais & dont la cavité eût un très-petit diamètre; il feroit suffisant pour résister à la pression d'une haute colonne de mercure.

QUAND *Hamberger* auroit emprunté cette méthode des expériences semblables faites sur l'air, il est du moins, autant que je puis savoir, le premier qui s'en soit servi dans l'examen de l'eau. Les méthodes de comprimer l'eau dans des boules, ou de les marteler, ont toujours, en supofant même qu'elles puissent réussir, l'inconvénient qu'il est impossible de déterminer la quantité de la compression avec exactitude. Car, quand même on n'accorderoit point que quelques particules d'eau eussent pénétré dans le métal, le changement dans la boule ne peut être que médiocre, si elle doit rester entière, & il feroit difficile de déterminer géométriquement ce petit changement. L'expérience des *Florentins*, de comprimer l'eau par la force des vapeurs, est ingénieuse; mais comment en déterminer au juste la force ou la compression? On pourroit d'ailleurs, pour remarquer plus distinctement la compression, adapter un tuyau au lieu de la boule d'en bas. (v. *Fig.* 1. de la PL. 1.) Je ne saurois porter un jugement suffisant de la machine de l'Abbé *Fontana*; mais elle me paroît très-composée; & la simplicité de l'instrument est essentielle dans une expérience qui en

elle-même eſt déjà très-embrouillée. Il me ſemble ainſi que ſi on pouvoit ajouter ce que je viens de noter ci-deſſus, à la machine d'*Abich*, je la regarderois avec celles de *Hamberger* & de *Herbert*, comme les inſtrumens les plus propres pour ces recherches.

Je hazarde, en dernier lieu, de propoſer une idée qui donnera peut-être occaſion à quelque eſprit mécanique d'inventer un moyen par lequel ce problême de phyſique ſera réſolu avec plus dé préciſion. Il ne me paroît point impoſſible que la machine que je vais décrire ne puiſſe mériter d'être executée, étant changée, & comme créée de nouveau par d'autres mains.

Si l'eau eſt compreſſible, il faut néceſſairement, qu'une colonne d'une grande hauteur ſoit comprimée conſidérablement par ſon propre poids; c'eſt le ſentiment de *Canton*, comme on le voit dans ſon calcul de la mer comprimée par l'atmoſphère. S'il étoit poſſible de déterminer préciſément la preſſion d'une pareille colonne d'eau, dont la baſe ſeroit donnée, au fond de la mer, on pourroit auſſi fixer la hauteur qu'une colonne d'eau, également condenſée dans toutes ſes parties, mais non comprimée, devroit avoir. Si enſuite on meſuroit avec une ligne ou une corde la profondeur de la mer, on pourroit déterminer ſi cette hauteur ſeroit égale à la compreſſion

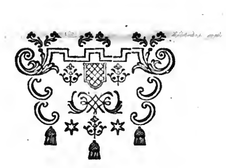
calculée. Cela pourroit également être exécuté dans de grands fleuves. La propoſition ſuivante eſt fondée ſur cette idée. *ABCD* (Pl. III *Fig.* 6.) ſoit un cylindre creux de fer ou de métal ſolide; *AEC*, un couvercle épais de métal, ou plutôt un piſton, qui ferme le cylindre auſſi juſte qu'il eſt poſſible, comme le piſton dans la machine d'*Abich*; *ab*, *cd*, *ef*, ſont des reſſorts d'acier très-forts; on doit ſavoir exactement, de combien de poids, & de quelle forte compreſſion on a beſoin, pour faire baiſſer chacun d'eux. Il y a, ſous chaque reſſort, une eſpece d'aiguille, que l'abaiſſement du reſſort fait deſcendre; le reſſort ſe rétablit après la preſſion, mais l'aiguille reſte où elle eſt deſcendue. Les reſſorts ſont plus forts à meſure qu'ils s'approchent du fond du cylindre, & exigent une preſſion plus forte pour être obligés de céder. Le couvercle, ou piſton, doit être diſpoſé ſingulièrement. Devant deſcendre vers le fond & faire baiſſer les reſſorts, il faut qu'il les dépaſſe l'un après l'autre pour pouvoir toujours agir ſur celui qui ſuit. Mais, comme ce n'eſt que la partie du milieu & la plus éloignée des reſſorts *b d f*, qui peut céder ou être pliée, & que la partie du reſſort attachée au cylindre & à l'aiguille, ne peut lui faire place, il faudroit que le piſton fût arrangé de façon qu'il y eût vers le côté du cylindre, & dans ſon épaiſſeur, une rainure, & dans celle-ci un reſſort *p*, par le

moyen duquel la partie du piſton qui paſſeroit le reſſort & l'aiguille du cylindre, pût à chaque fois être forcée à rentrer, & que ſon reſſort repouſſât enſuite cette partie mobile pour ne rien perdre de ſon exacte clôture. On pourroit auſſi vuider d'air le cylindre même, avant de s'en ſervir. S'il avoit un diamètre médiocre, l'atmoſphère ne pourroit vaincre la friction du piſton ; dans le cas contraire, il iroit peut-être juſqu'au premier reſſort qui, joint à la friction, réſiſteroit à la preſſion de l'atmoſphere. On plongeroit enſuite le cylindre dans la mer ; le piſton ſeroit d'autant plus comprimé que le cylindre ſeroit plongé plus bas ; il paſſeroit les reſſorts, & ceux-ci déplaceroient les aiguilles. On meſureroit, par le moyen d'un fil à plomb la profondeur de l'endroit, & quand on auroit retiré l'inſtrument, les aiguilles montreroient le quantieme reſſort auroit été preſſé. On ſait combien il faut de force pour le faire plier ; par la profondeur trouvée par le moyen de la ſonde, on calculeroit la preſſion d'une colonne de la hauteur trouvée, l'eau étant d'une égale condenſation. En comparant la hauteur calculée avec la hauteur réelle, on trouveroit combien il manqueroit à cette hauteur, & ceci ſeroit alors, la quantité dont l'eau auroit été comprimée.

Telle eſt à peu près mon idée. Je vois bien moi-même que l'exécution de cet inſtrument eſt

ſoumiſe à bien des difficultés, je n'ai garde auſſi de conſeiller de l'entreprendre. Mais peut-être que cette idée en fera naître de plus heureuſes & donnera lieu de trouver un inſtrument plus facile à exécuter, & plus inſtructif. Si cela pouvoit exciter l'attention d'un génie inventif, je me tiendrois heureux de n'avoir pas negligé une idée juſqu'ici ſtérile.

F I N.



ERRATA.

POUR LE

TRAITÉ DE L'ÉLASTICITÉ DE L'EAU.

Par M. ZIMMERMANN.

Pag. 16. Ligne 18, d'en haut, au lieu de „ sa tête. Il distinguoit; &c. *lisez*, „ sa tête. Il trou- „ va ensuite que le ton dans l'intérieur de „ l'eau ne différoit nullement de celui „ qu'on entendit en plein air; il distin- „ guoit &c.

pag. 41. ligne 17, au lieu de, la rare. Fazione; *lisez*, la rare fazione.

pag. 45. ligne 13, au lieu de, il f..alloit *lisez*, il falloit

pag. 50. ligne 28 . . . , donner le poids, *lisez*, donner le poids aux boules.

pag. 67 ligne 4, au lieu de 12 parties *lisez* de *n* parties.

. . . ligne 21, au lieu de, la racine de $r^2 - \frac{2a}{}$, *lisez*, la racine de $r^2 - \frac{2a}{c}$

pag. 88 ligne 14, au lieu de, $= \frac{Qb}{k} + \frac{c}{k}$; P, *lisez*, $= \frac{Qb}{k} + \frac{c}{k}$.P; ici &c.

pag. 88. ligne 18, au lieu de, point de gravité *lisez*, centre de gravité.

pag. 89. ligne 8, au lieu de, $\frac{14.6375,56}{1,1}$ *lisez* $\frac{14,6375.56}{1,1}$

. . . . lign. 15 . . . $\frac{c}{k}$, P *lisez* $\frac{c}{k}$. P

pag. 96. ligne 3, au lieu de $\frac{1}{6026}$ *lisez*, $\frac{1}{60,26}$

ERRATA.

Pag. 97. ligne 2, au lieu de $\frac{10}{45,5}$ *lisez* $\frac{1}{43,5}$

. . . . . . 7 . . . $\frac{1}{1305}$ *lisez* $\frac{1}{13,05}$

pag. 100. ligne 3, au lieu de $= 1,2730013$ *lisez* $= -1,2730013$

pag. 104. ligne 21 $= \frac{12,5.1728}{16,26,75}$ *lisez* $= \frac{12,5.1728}{16.26,75}$

. . . . 22 $= \frac{12,108}{26,25}$ *lisez* $\frac{12.108}{26,75}$

pag. 112. ligne 24 . . . . degrés, *lisez*, lignes.

pag. 114. ligne 1 . . . . $= 1325$ *lisez*, $= 13,25$

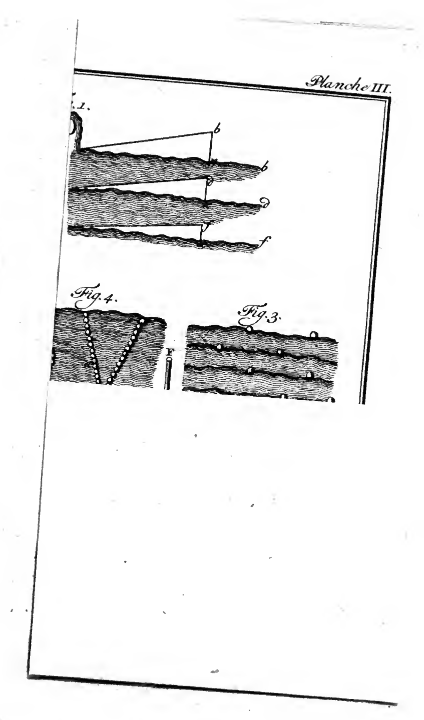
Planche I.

E

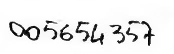
A

Planche II.

R


Planche III.
Fig. 1.
b
b
d
d
f
f
Fig. 4.
F
Fig. 3.




005654357



